

b233 US

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

#2

27
81601

JC978 U.S. PTO

09/863512

05/24/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

2000年 5月25日

出 願 番 号
Application Number:

特願2000-155496

出 願 人
Applicant (s):

株式会社ニコン
株式会社半導体先端テクノロジーズ

2000年11月 6日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造

出証番号 出証特2000-3091391

【書類名】 特許願

【整理番号】 NK13225000

【提出日】 平成12年 5月25日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01B 11/02

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社 ニコ
ン内

【氏名】 清水 房生

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社半導
体先端テクノロジーズ内

【氏名】 藤井 淳弘

【特許出願人】

【識別番号】 000004112

【氏名又は名称】 株式会社 ニコン

【代表者】 吉田 庄一郎

【特許出願人】

【識別番号】 597114926

【氏名又は名称】 株式会社 半導体先端テクノロジーズ

【代表者】 小宮 啓義

【代理人】

【識別番号】 100084032

【弁理士】

【氏名又は名称】 三品 岩男

【電話番号】 045(316)3711

【選任した代理人】

【識別番号】 100087170

【弁理士】

【氏名又は名称】 富田 和子

【電話番号】 045(316)3711

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011992

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9904684

【ブルーフの要否】 要

【書類名】明細書

【発明の名称】キャリア形状測定機

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

測定対象であるキャリアを支持するステージと、前記キャリアの形状を測定する測定部とを有し、

前記ステージは、キネマティックカップリングによって前記キャリアを支持するために、キネマティックカップリングピンを有することを特徴とするキャリア形状測定機。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のキャリア形状測定機において、前記ステージは、前記キネマティックカップリングにより支持された前記キャリアについて定まる水平基準面、フェイシャル基準面、バイラテラル基準面のうちの少なくとも一つと一致する面もしくは平行な面を有することを特徴とするキャリア形状測定機。

【請求項 3】

請求項 2 に記載のキャリア形状測定機において、前記測定部は、前記キャリアの形状を前記ステージの前記一致する面もしくは前記平行な面を基準として測定することを特徴とするキャリア形状測定機。

【請求項 4】

請求項 2 に記載のキャリア形状測定機において、前記測定部を前記キャリアに対して相対的に移動させる移動部を有し、前記移動部の移動方向は、前記一致する面もしくは前記平行な面に対して平行または垂直であることを特徴とするキャリア形状測定機。

【請求項 5】

請求項 1 に記載のキャリア形状測定機において、前記測定部の測定結果を演算する演算部を有し、該演算部は、前記測定部が測定した前記キャリア内に収納されたウエハの縁の複数箇所の座標を、予め定められた数式に代入することにより、前記ウエハの中心座標を求めることを特徴とするキャリア形状測定機。

【請求項 6】

請求項 1 に記載のキャリア形状測定機において、前記ステージは、前記キネマティックカップリングピンを揺動させる機構部を有することを特徴とするキャリア形状測定機。

【請求項 7】

請求項 6 に記載のキャリア形状測定機において、前記キャリアと前記キネマティックカップリングピンとの嵌合が正常であるかどうかを検出する検出部と、前記検出部が嵌合が正常であることを検出した場合には、前記機構部に揺動を停止させる制御部とを有することを特徴とするキャリア形状測定機。

【請求項 8】

請求項 1 に記載のキャリア形状測定機において、前記キネマティックカップリングピンは、先端から前記キャリアに向かって空気を噴出するための空気噴出口と、前記空気噴出口まで空気を送り込む流路とを有することを特徴とするキャリア形状測定機。

【請求項 9】

請求項 8 に記載のキャリア形状測定機において、前記キャリアと前記キネマティックカップリングピンとの嵌合が正常であるかどうかを検出する検出部と、前記検出部が嵌合が正常であることを検出した場合には、前記流路への空気の供給を停止させる制御部とを有することを特徴とするキャリア形状測定機。

【請求項 10】

請求項 1 に記載のキャリア形状測定機において、前記キネマティックカップリングピンは、3 本のピンからなり、該 3 本のピンは、予め定められた配列で配置され、

前記ステージは、前記キャリアを所望の向きで前記キネマティックカップリングピンに支持させるために、前記 3 本のピン間の配列を維持したまま、前記ステージ上の前記 3 本のピンの配列の向きを変換可能な構造であることを特徴とするキャリア形状測定機。

【請求項 11】

請求項 10 に記載のキャリア形状測定機において、前記ステージは、前記キネ

マテックカップリングピンが備えられたプレートと、該プレートを搭載する支持部とを有し、前記支持部は、前記 3 本のピンの配列の向きを変換するために、前記プレートの搭載方向を変換可能にする機構を有することを特徴とするキャリア形状測定機。

【請求項 1 2】

請求項 1 0 に記載のキャリア形状測定機において、前記ステージは、前記キネマテックカップリングピンが備えられたプレートと、該プレートを回転させる回転部とを有することを特徴とするキャリア形状測定機。

【請求項 1 3】

請求項 1 0 に記載のキャリア形状測定機において、前記ステージは、前記 3 本のピンの配列の向きがそれぞれ異なる複数のキネマテックカップリングピンと、前記複数のキネマテックカップリングピンを前記ステージ上に出没させるための機構部と、前記機構部を制御して前記複数のキネマテックカップリングピンのうちの一つを選択的に前記ステージ上に突出させる制御部とを有することを特徴とするキャリア形状測定機。

【請求項 1 4】

請求項 1 0 に記載のキャリア形状測定機において、前記ステージ上の前記キネマテックカップリングピンの向きに応じて、測定結果の座標を座標変換する座標変換部を有することを特徴とするキャリア形状測定機。

【請求項 1 5】

請求項 1 1 に記載のキャリア形状測定機において、前記測定部の測定結果から、前記キャリアの寸法を演算する寸法演算部を有し、該寸法演算部は、前記測定結果の座標をそのまま用いて、もしくは、前記座標変換部の変換した座標を用いて前記キャリアの寸法を演算することを特徴とするキャリア形状測定機。

【請求項 1 6】

請求項 1 に記載のキャリア形状測定機において、前記測定部の測定結果を演算する演算部を有し、

前記演算部は、前記測定部が測定した前記キャリアのウエハ支持部の座標、および、前記測定部が測定した前記キャリアに収納されているウエハの縁の一点の

座標の少なくとも一方に、前記ウエハの重さから予め求めておいた自重撓み量を加えることにより、前記ウエハの中心座標を求めることを特徴とするキャリア形状測定機。

【請求項 1 7】

請求項 1 に記載のキャリア形状測定機において、前記測定部の測定結果を演算する演算部を有し、

前記演算部は、前記測定部が測定した前記キャリアの左右のウエハ支持部の座標を用いて、前記ウエハ支持部に支持される前記ウエハの傾斜を求めることを特徴とするキャリア形状測定機。

【請求項 1 8】

測定対象であるキャリアを支持するステージと、前記キャリアを撮像する撮像部と、前記撮像部の撮像結果を演算する演算部とを有し、

前記撮像部は対物レンズを有し、該対物レンズの作動距離は、前記キャリアのウエハを出し入れするための開口の入り口から、前記キャリア内のウエハ支持部までの距離よりも長いことを特徴とするキャリア形状測定機。

【請求項 1 9】

請求項 1 に記載のキャリア形状測定機において、前記ステージは、前記キャリアの設計形状と一致する面もしくは平行な面を有することを特徴とするキャリア形状測定機。

【請求項 2 0】

請求項 1 9 に記載のキャリア形状測定機において、前記測定部は、前記キャリアの形状を前記一致する面もしくは前記平行な面と比較することによって測定することを特徴とする形状測定機。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、精密な形状が必要とされる物品の形状測定機に関し、特に、半導体デバイスの製造ラインにおいて半導体ウエハを複数枚まとめて搬送するために用いられるキャリアを測定対象とする形状測定機に関するものである。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

半導体デバイスの製造ラインでは、成膜や加工等を行う装置から装置へ半導体ウエハを搬送するために、半導体ウエハをキャリアと呼ばれる容器に複数枚収容して搬送する方法が用いられている。このようなキャリアは、一般に、容器の内壁の両脇に一定の間隔で幾筋もの溝を設けた形状であり、この溝で半導体ウエハの両脇を支持することにより、複数の半導体ウエハを一定の間隔をあけて水平に重ねた状態で保持する構成となっている。

【 0 0 0 3 】

搬送されたキャリアから半導体ウエハを取り出して、成膜や加工等を行う装置内へ搬入する際には、ロボットアームと呼ばれる装置が、薄板状のアームの先端を、キャリア内の半導体ウエハと半導体ウエハとの間に挿入する。その後、ロボットアームの先端は、1枚の半導体ウエハを下面側から持ち上げながら溝に沿って手前に引き出すという動作を行い、半導体ウエハをキャリアから取り出す。

【 0 0 0 4 】

このとき、キャリア内に保持されている半導体ウエハと半導体ウエハの間隔が、設計値の許容値からはずれていると、ロボットアームの先端が隣接する半導体ウエハの上面に接触する恐れがある。半導体ウエハの上面にはそれまでの工程で成膜や加工が施されているため、傷や汚染を避けるために、ロボットアームの先端が上面に接触することは望ましくない。また、半導体ウエハがキャリアに支持されている高さが設計値からはずれていると、ロボットアームが半導体ウエハの上面に接触する可能性の他、半導体ウエハの前側端面に衝突して半導体ウエハを破損する恐れもある。また、半導体ウエハが傾いていると、ロボットアームの先端が半導体ウエハを持ち上げられないことがある。このため、半導体ウエハがキャリアに支持されている高さ、半導体ウエハの間隔、半導体ウエハの傾きは、すべて設計値の許容値の範囲内に収まっていることが非常に重要である。

【 0 0 0 5 】

このため、キャリア製造メーカーのキャリア出荷時や半導体デバイスメーカーのキャリアの受入時には、キャリアが設計値通りの形状であるかどうかを形状測定

することが行われている。また、キャリアは、半導体デバイスの製造ラインの洗浄工程等で高温で処理されるため、キャリアに変形が生じることもある。そのため、デバイス製造メーカーでは、製造ラインの途中でキャリアの形状が設計値通りの形状であるかどうか測定することが行われている。

【 0 0 0 6 】

従来のキャリア形状測定機としては、背面と前面に開口のあるオープンキャリアと呼ばれるキャリアを測定する装置が知られている。このオープンキャリアを背面側から照明して、前面側からCCDカメラ等でキャリアの外形や溝の形状の画像を撮像し、これを画像処理することにより形状を測定する構成であった。

【 0 0 0 7 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、キャリアの溝は、キャリアの両脇に形成されているため、この溝形状を測定しても、その値からその溝に支持されるウエハの中央部の間隔や高さや傾きを正確に求めることは難しかった。特に、従来のキャリア形状測定機では、キャリアの前面から撮像した画像を用いるため、溝の奥行き方向で溝がどのような形状になっているかは、CCDカメラの焦点深度以上の情報は得られない。そのため、この溝に支持されるウエハの間隔や高さや傾きを、ミリオーダで求めることはできても、精度をそれ以上に向上させることは非常に困難であった。

【 0 0 0 8 】

特に、近年では、直径300mm以上という大きな半導体ウエハが用いられることが増えている。キャリア内では、この大きな半導体ウエハの両脇を深さ数ミリの溝で支持するため、溝形状からウエハの中央部の間隔や傾き等の支持状態を知ることはますます困難となっている。しかも、直径の大きな半導体ウエハの場合、ウエハにわずかでも傾きがあると、隣接するウエハとの間隔に非常に狭い部分ができるため、ミリオーダの測定精度では不足であり、測定精度の向上が望まれている。

【 0 0 0 9 】

また、従来のキャリア形状測定機は、オープンキャリア測定用であるため、SEMI規格でFOUP (Front Opening Unified Pod)と呼ばれる、直径300m

mのウエハ用のキャリアのように、背面が塞がれ前面に蓋がある密閉式キャリアを測定することはできなかった。

【 0 0 1 0 】

本発明は、キャリアおよびキャリアに収容された半導体ウエハの姿勢を精度良く測定することのできるキャリア形状測定機を提供することを目的とする。

【 0 0 1 1 】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明によれば、以下のようなキャリア形状測定機が提供される。

【 0 0 1 2 】

すなわち、測定対象であるキャリアを支持するステージと、前記キャリアの形状を測定する測定部とを有し、

前記ステージは、キネマティックカップリングによって前記測定対象を支持するために、キネマティックカップリングピンを有することを特徴とするキャリア形状測定機である。

【 0 0 1 3 】

前記ステージは、前記キネマティックカップリングにより支持された前記キャリアについて定まる水平基準面、フェイシャル基準面、バイラテラル基準面のうちの少なくとも一つと一致する面もしくは平行な面を有する構成にすることができる。

【 0 0 1 4 】

前記測定部は、前記キャリアの形状を前記ステージの前記一致する面もしくは前記平行な面を基準として測定する構成にすることができる。

【 0 0 1 5 】

前記測定部を前記キャリアに対して相対的に移動させる移動部を有する構成とし、前記移動部の移動方向は、前記一致する面もしくは前記平行な面に対して平行または垂直にすることができる。

【 0 0 1 6 】

前記測定部の測定結果を演算する演算部を有する構成とし、該演算部は、前記

測定部が測定した前記キャリア内に収納されたウエハの縁の複数箇所の座標を、予め定められた数式に代入することにより、前記ウエハの中心座標を求めるようにすることができる。

【 0 0 1 7 】

また、前記ステージは、前記キネマティックカップリングピンを揺動させる機構部を有することができる。

【 0 0 1 8 】

前記キャリアと前記キネマティックカップリングピンとの嵌合が正常であるかどうかを検出する検出部と、前記検出部が嵌合が正常であることを検出した場合には、前記機構部に揺動を停止させる制御部とを有する構成にすることができる。

【 0 0 1 9 】

前記キネマティックカップリングピンは、先端から前記キャリアに向かって空気を噴出するための空気噴出口と、前記空気噴出口まで空気を送り込む流路とを有する構成にすることができる。

【 0 0 2 0 】

前記キャリアと前記キネマティックカップリングピンとの嵌合が正常であるかどうかを検出する検出部と、前記検出部が嵌合が正常であることを検出した場合には、前記流路への空気の供給を停止させる制御部とを有する構成にすることができる。

【 0 0 2 1 】

前記キネマティックカップリングピンは、3本のピンからなり、該3本のピンは、予め定められた配列で配置され、

前記ステージは、前記キャリアを所望の向きで前記キネマティックカップリングピンに支持させるために、前記3本のピン間の配列を維持したまま、前記ステージ上の前記3本のピンの配列の向きを変換可能な構造にすることができる。

【 0 0 2 2 】

前記ステージは、前記キネマティックカップリングピンが備えられたプレートと、該プレートを搭載する支持部とを有し、前記支持部は、前記3本のピンの配

列の向きを変換するために、前記プレートの搭載方向を変換可能にする機構を有することができる。

【 0 0 2 3 】

また、前記ステージは、前記キネマティックカップリングピンが備えられたプレートと、該プレートを回転させる回転部とを有することができる。

【 0 0 2 4 】

前記ステージは、前記 3 本のピンの配列の向きがそれぞれ異なる複数のキネマティックカップリングピンと、前記複数のキネマティックカップリングピンを前記ステージ上に出没させるための機構部と、前記機構部を制御して前記複数のキネマティックカップリングピンのうちの一つを選択的に前記ステージ上に突出させる制御部とを有する構成にすることができる。

【 0 0 2 5 】

前記ステージ上の前記キネマティックカップリングピンの向きに応じて、測定結果の座標を座標変換する座標変換部を有する構成にすることができる。

【 0 0 2 6 】

前記測定部の測定結果から、前記キャリアの寸法を演算する寸法演算部を有し、該寸法演算部は、前記測定結果の座標をそのまま用いて、もしくは、前記座標変換部の変換した座標を用いて前記キャリアの寸法を演算する構成にすることができる。

【 0 0 2 7 】

前記測定部の測定結果を演算する演算部を有する構成とし、前記演算部は、前記測定部が測定した前記キャリアのウエハ支持部の座標、および、前記測定部が測定した前記キャリアに収納されているウエハの縁の一点の座標の少なくとも一方に、前記ウエハの重さから予め求めておいた自重撓み量を加えることにより、前記ウエハの中心座標を求める構成にすることができる。

【 0 0 2 8 】

前記測定部の測定結果を演算する演算部を有する構成とし、前記演算部は、前記測定部が測定した前記キャリアの左右のウエハ支持部の座標を用いて、前記ウエハ支持部に支持される前記ウエハの傾斜を求める構成にすることができる。

【 0 0 2 9 】

前記ステージは、前記キャリアの設計形状と一致する面もしくは平行な面を有する構成にすることができる。

【 0 0 3 0 】

前記測定部は、前記キャリアの形状を前記一致する面もしくは前記平行な面と比較することによって測定する構成にすることができる。

【 0 0 3 1 】

また、本発明の別の態様によれば、以下のようなキャリア形状測定機が提供される。

【 0 0 3 2 】

すなわち、測定対象であるキャリアを支持するステージと、前記キャリアを撮像する撮像部と、前記撮像部の撮像結果を演算する演算部とを有し、

前記撮像部は対物レンズを有し、該対物レンズの作動距離は、前記キャリアのウエハを出し入れするための開口の入り口から、前記キャリア内のウエハ支持部までの距離よりも長いことを特徴とするキャリア形状測定機である。

【 0 0 3 3 】

【発明の実施の形態】

本発明の一実施の形態のキャリア形状測定機について図面を用いて説明する。

【 0 0 3 4 】

本発明の第 1 の実施の形態のキャリア形状測定機は、図 3 のように、測定機本体 1 1 0、画像処理部 1 1 1、コントローラ 1 1 2、ホストコンピュータ 1 1 3、入出力部 1 1 4 を備えている。まず、測定機本体 1 1 0 について説明する。図 1、図 2、図 3、図 4 に示すように、測定機本体 1 1 0 は、測定対象であるキャリア 1 8 を搭載するステージ 1 2 と、測定ヘッド 1 0 とを有している。本実施の形態では、ステージ 1 2 は台座 2 1 に対して固定されており、測定ヘッド 1 0 が X Y Z 軸移動部 1 5、1 6、1 7 によりキャリア 1 8 に対して 3 次元に移動してキャリア 1 8 の形状を測定する構成である。そのため、台座 2 1 上には測定ヘッド 1 0 を収容する筐体 1 1 が搭載され、台座 2 1 と筐体 1 1 の間には筐体 1 1 を X 軸方向に移動するための X 軸移動部 1 5 が配置されている。

【 0 0 3 5 】

X軸移動部15は、台座21の上面に形成されたX軸方向に長手方向を有するレール15aと、筐体11の底面に固定されレール15aに沿って摺動可能な摺動部15bと、モータ15cと、モータ15cの回転軸に連結された送りネジ15dと、筐体11の底面に固定され送りネジ15dと嵌合するナット15eとを含む。モータ15cの回転軸が回転することにより、送りネジ15dも回転し、ナット15eがX軸方向に移動することにより、摺動部15bもレール15aに沿ってX軸方向に移動し、ナット、摺動部15bが固定されている筐体11がX軸方向に移動する。

【 0 0 3 6 】

Y軸移動部16は、筐体11内の、測定ヘッド10とZ軸可動プレート501との間に配置されている。Y軸移動部16は、Z軸プレート501の前面に形成されたY軸方向に長手方向を有するレール16aと、測定ヘッド10の背面に形成されレール16aに沿って摺動可能な不図示の摺動部と、モータ16cと、モータ16cの回転軸に連結された送りネジ16dと、測定ヘッド10の背面に固定され送りネジ16dと嵌合する不図示のナットを含む。モータ16cの回転軸が回転することにより、送りネジ16dも回転し、ナットがY軸方向に移動することにより、摺動部もレール16aに沿ってY軸方向に移動し、測定ヘッド10がY軸方向に移動する。

【 0 0 3 7 】

Z軸移動部17は、筐体11内に設けられ、支柱502の前面に形成されたZ軸方向に長手方向を有するレール17aと、Z軸可動プレート501の背面に形成されレール17aに沿って移動可能な不図示の摺動部と、モータ17cと、モータ17cの回転軸に連結された送りネジ17dと、Z軸可動プレート501の背面に固定され送りネジ17dと嵌合する不図示のナットとを含む。モータ17cの回転軸が回転することにより、送りネジ17dも回転し、ナットがZ軸方向に移動することにより、摺動部もレール17aに沿ってZ軸方向に移動し、Z軸可動プレート501がZ軸方向に移動する。その結果、測定ヘッド10がZ軸方向に移動する。

【0038】

これらの構成により、測定ヘッド10のXYZ軸方向への移動を可能にしている。なお、XYZ軸移動部15、16、17のレール15a、16a、17aは、いずれもねじにより固定されており、このねじをゆるめて調整することにより、レールの軸方向を調整することができる構成となっている。また、XYZ軸移動部15、16、17には、XYZ軸についての実際の駆動量を測定するためのXYZ軸測長部36、37、38（図1、図2、図3）が取り付けられている。

【0039】

なお、ステージ18の上には、SEMI規格でFOUP (Front Opening Unified Pod)と呼ばれるキャリア18を搭載するために、キネマティックプレート20が搭載されている。キネマティックプレート20は、3本のピン20a、20b、20cを上面に有している。3本のピン20a、20b、20cの形状および配置は、SEMI規格(SEMI E57-1296)で定められた形状および配置である。

3本のピン20a、20b、20cは、前記FOUP型キャリア18の底面に設けられているV溝状の凹部と嵌合することにより、SEMI規格で規定されるキャリア搭載用位置決め機構のキネマティックカップリングを実現する。これにより、前記FOUP型キャリア18をステージ12上に正確に支持および位置決める。したがって、本実施の形態の形状測定装置では、実際の半導体デバイスの製造ラインでキャリア18が支持されるのと同じキネマティックカップリングによりキャリア18を支持しながら、キャリア18の形状測定を行うことができるため、キャリア18および収容されるウエハの形状および姿勢をキャリア18の使用時と同じ状態で精密に測定することができる。

【0040】

また、本実施の形態では、高精度にFOUP型キャリア18の測定を行うために、FOUP型キャリア18の形状に基づいてFOUP型キャリア18に定められている基準面もしくはそれに平行な面を基準として測定を行う。FOUP型キャリア18の基準面には、図14のように、SEMI規格で規定される水平基準面 (horizontal datum plane) 141とフェイシャル基準面 (facial datum plane) 142とバイラテラル基準面 (bilateral datum plane) 143がある。水平基準

面141は、キネマティックカップリングピン20a, 20b, 20cによりキャリア18が設置されている水平面である。フェイシャル基準面142は、キャリア18中のウエハを二等分し、キャリア18の前面に平行な垂直面である。バイラテラル基準面143は、キャリア18中のウエハを二等分し、水平基準面141に対して直角に交わる垂直面である。水平基準面141は、キャリア18の構造上キャリア底面とは必ずしも平行ではない。

【0041】

本実施の形態では、これら基準面141, 142, 143を基準としてキャリア18およびウエハの形状および姿勢を測定できるようにする。このために、本実施の形態では、キネマティックプレート20を図15に示したような形状とし、キネマティックプレート20の上面151が、ステージ12に固定された状態で、水平基準面141に一致する面、もしくは、水平基準面141に平行な面となるようにしている。同様にキネマティックプレート20の前側側面152（筐体11と対向する面）は、フェイシャル基準面142と平行な面にし、横側側面153はバイラテラル基準面143と平行な面にしている。また、キネマティックプレート20の四方の側面152, 153等には、図15のように突起154, 155, 156, 157が設けられており、突起の側面154a, 156aはバイラテラル基準面143に一致する面となるように構成している。側面155a, 157aはフェイシャル基準面142に一致する面となるように構成している。

【0042】

このキネマティックプレート20の上面151や側面152, 153を用いて、後述する位置合わせ工程によりXYZ軸移動部15, 16, 17の移動方向を上記基準面141, 142, 143と平行にする調整を行う。これにより、FOUP型キャリア18の基準面141, 142, 143を基準にして、FOUP型キャリア18の高精度に形状測定することができる。これにより、前側側面152や横側側面153を基準としてキャリア前面18aや側面を測定することにより、キャリア形状の良否が容易に検知できる。

【0043】

また、本実施の形態では、キネマティックプレート20の大きさを、図16のようにFOUP型キャリア18の大きさに合わせるように設計している。すなわち、キネマティックプレート20の前側側面152が、FOUP型キャリア18の設計上の前面18aと一致するようにし、横側側面153がFOUP型キャリア18の設計上の側面18bと一致するように大きさを定めている。

【0044】

また、本実施の形態では、キネマティックプレート20にFOUP型キャリア18を搭載する際に、ピン20a、20b、20cとFOUP型キャリア18の底面のV溝状凹部とを確実に嵌合させてキネマティックカップリングを実現するため、キネマティックプレート20のピン20a、20b、20cを揺動させる構成としている。というのは、従来キネマティックプレート20にFOUP型キャリア18を搭載する際には、ピン20a、20b、20cの直上までキャリア18の底面のV溝状凹部191を持っていき、キャリア18とウエハの自重によって、V溝状凹部191とピン20a、20b、20cとを嵌合させていた。しかしながら、従来、ピン20a、20b、20cは金属製であり、FOUP型キャリア18は樹脂製であるため、搭載動作を繰り返すことによりV溝状凹部19の斜面にピン20a、20b、20cの打痕がつきやすい。V溝状凹部19の斜面に打痕が生じると、ピン20a、20b、20cとV溝状凹部19の斜面との摩擦力が大きくなり、円滑な嵌合を行うことができない。嵌合が不十分な場合、図19(b)のようにピン20aとV溝状凹部191との間に隙間192が生じて、キャリア18の底面が傾斜する。すなわち、キネマティックカップリングによるキャリア18の支持を実現することができない。

【0045】

そこで本実施の形態では、図20のように、ピン20a、20b、20cが、基部にピエゾ素子からなる振動素子204を含む構成としている。ただし、ピン20a、20b、20cの外形は、振動素子204が振動していない状態でSEMI規格(SEMI E57-1296)のキネマティックカップリングピンの形状を満たす。振動素子204の振動方向は、ピン20a、20b、20cの軸を横方向(プレ

ート 2 0 の主平面に平行な方向) に振動させる方向である。また、プレート 2 0 には、予め定めた間隔をあけて、キャリア 1 8 の底面を検出する光電スイッチ 2 0 5 a, 2 0 5 b が配置されている。光電スイッチ 2 0 5 a, 2 0 5 b は、キャリア 1 8 の底面に向けて光を出射する発光素子 1 9 5 と、その反射光を検出する受光素子 1 9 6 とを有している。受光素子 1 9 6 は、V 溝状凹部 1 9 1 がピン 2 0 a、2 0 b、2 0 b と正常に嵌合している場合には、キャリア 1 8 の底面からの反射光が入射するが、V 溝状凹部 1 9 1 がピン 2 0 a、2 0 b、2 0 b と図 1 9 (b) のように不完全に嵌合し、キャリア 1 8 の底面が浮き上がっている場合には、反射光が入射しないように位置および向きが定められている。また、ステージ 1 2 には、プレート 2 0 の荷重を検出するために、ロードセルからなる荷重センサ 2 0 6 が備えられている。

【 0 0 4 6 】

ステージ 1 2 内には、振動素子 2 0 4、光電スイッチ 2 0 5 a, 2 0 5 b、荷重センサ 2 0 6 に接続された図 2 0 のような回路が配置されている。振動素子 2 0 4 を構成するピエゾ素子の電極は、振動素子ドライバ 2 0 2 に接続され、振動素子ドライバ 2 0 2 には制御部 2 0 1 により制御信号が出力される。また、振動素子ドライバ 2 0 2 は、振動素子 2 0 4 の振動の位相変化を検出する機能を有し、検出結果を制御部 2 0 1 に出力する。光電スイッチ 2 0 5 a, 2 0 5 b の出力は、オア論理回路 2 0 8 およびアンド論理回路 2 0 9 に入力され、オア論理回路 2 0 8 およびアンド論理回路 2 0 9 の出力は制御部 2 0 1 に入力される。また、荷重センサ 2 0 6 の出力は、アンプ 2 0 7 を介して制御部 2 0 1 に入力される。その他、タイマ回路 2 0 3 およびオペレータから振動開始指示を受け付ける開始スイッチ 1 9 4 の出力が、制御部 2 0 1 に入力される。また、制御部 2 0 1 には、本実施の形態の形状測定機に対してキャリア 1 8 を搭載するキャリア搬送機 1 9 3 の出力も入力される。

【 0 0 4 7 】

制御部は、荷重センサ 2 0 6 の出力が予め定めた荷重よりも大きい場合、もしくは、オア論理回路 2 0 8 の出力から光電スイッチ 2 0 5 a、2 0 5 b のうちの少なくとも一方がキャリア 1 8 の底面を検出したことを検知した場合、もしくは

、キャリア搬送機 1 9 3 からキャリア 1 8 搭載完了信号を受け取った場合、もしくは、開始スイッチ 1 9 4 がオペレータから振動開始の指示を受け付けた場合には、キャリア 1 8 が搭載されたと判断し、振動素子ドライバ 2 0 2 に振動を指示する信号を出力する。振動素子ドライバ 2 0 2 は、振動素子 2 0 4 を構成するピエゾ素子の電極に電圧信号を出力し、振動素子 2 0 4 を予め定めた周期で振動させる。これにより、ピン 2 0 a, 2 0 b, 2 0 c が横方向に振動するため、ピン 2 0 a, 2 0 b, 2 0 c の先端曲面と V 溝状凹部 1 9 1 の斜面との摩擦力が低減する。よって、キャリア 1 8 の自重のみでは、図 1 9 (b) のように V 溝状凹部 1 9 1 との嵌合が不完全になっていた場合であっても、これを解消して図 1 9 (a) のように完全な嵌合状態にすることができる。

【 0 0 4 8 】

制御部 2 0 1 は、振動素子ドライバ 2 0 2 がピン 2 0 a, 2 0 b, 2 0 c の振動の位相が変化したことを検出した場合、あるいは、アンド論理回路 2 0 9 の出力により光電スイッチ 2 0 5 a, 2 0 5 b の両方がキャリア 1 8 の底面を検出したことを検知した場合には、ピン 2 0 a, 2 0 b, 2 0 c が V 溝状凹部 1 9 1 に完全に嵌合したと判断して、振動素子ドライバ 2 0 2 に振動停止信号を出力する。これにより、ピン 2 0 a, 2 0 b, 2 0 c の振動を停止させる。また、制御部 2 0 1 は、振動開始から予め定めた時間が経過したことをタイマ回路 2 0 3 の出力から検知した場合にも、振動を停止させる。また、制御部 2 0 1 は、振動を停止させた後、後述のホストコンピュータ 1 1 3 にキャリア 1 8 の搭載完了を知らせる信号を出力する。

【 0 0 4 9 】

このように、本実施の形態ではキネマティックプレート 2 0 を図 2 0 のような構成にしたことにより、キネマティックプレート 2 0 のピン 2 0 a, 2 0 b, 2 0 c と FOUP 型キャリア 1 8 に V 溝状凹部 1 9 1 との不完全な嵌合を解消することができ、FOUP 型キャリア 1 8 をキネマティックカップリングにより支持および位置決めすることができる。また、図 2 0 の構成では、ピン 2 0 a, 2 0 b, 2 0 c と V 溝状凹部 1 9 1 との嵌合が完全かどうかを、光電スイッチ 2 0 5 a, 2 0 5 b の出力や振動素子ドライバ 2 0 2 の検出する位相変化により検知す

ることができるため、目視で確認することの困難な嵌合状態を容易に検出できる。

【0050】

なお、図20の構成では、振動により不完全な嵌合を解消したが、振動に代えて、ピン20a, 20b, 20cの先端から、V溝状凹部191の斜面に向けて空気を噴出する構成にすることもできる。これを実現するためには、例えば、図21(a)のようにピン20a, 20b, 20cの先端部211を多孔質材料により形成し、基部には外部の供給管212から先端部211まで圧縮空気を導く流路214を設ける。これにより、先端部211の多孔質材料の孔から空気を噴出させることができる。また、図21(b)あるいは図21(c)のように流路214に分岐路213を設け、分岐路213の先端から空気を噴出させる構成にすることもできる。さらに、図21(d)のように流路214を延長して、ピン20a, 20b, 20cの先端から空気を噴出させる構成とすることもできる。そして、供給管212には、図22のように圧縮空気源221を接続し、途中に電磁弁222と流量計223と圧力計224を配置する。制御部201は、図20と同様の方法でキャリア18が搭載されたことを検知し、これをトリガとして電磁弁222を開状態にして、圧縮空気をピン20a, 20b, 20cの先端からV溝状凹部191の斜面に向かって噴出させる。また、流量計223の流量が予め定めた値よりも小さくなった場合もしくは供給管212内の圧力が予め定めた値よりも大きくなった場合には、ピン20a, 20b, 20cとV溝状凹部191との嵌合が完全となり、V溝状凹部191の斜面でピン20a, 20b, 20cの空気噴出孔が塞がれたと判断し、電磁弁222を閉じる。また、図20の構成と同様に、アンド論理回路209の出力またはタイマ回路203の出力によって嵌合が完全となったことを検知した場合にも電磁弁222を閉じる。なお、図21(a), (b), 図22の構成の場合、ピン20a, 20b, 20cの先端の空気噴出孔は、V溝状凹部191の斜面を向いていることが望ましい。よって、V溝状凹部14の長手方向を向いている空気噴出孔は、塞ぐことも可能である。

【 0 0 5 1 】

つぎに、測定ヘッド 1 0 の構成について、図 2 および図 4 を用いて説明する。測定ヘッド 1 0 は、2 種類の測定部を有する。1 つは、撮像した画像により形状を測定するための撮像部 2 5 であり、もう一つは、レーザ光を用いて Y 軸方向の測長をするレーザ A F 部 3 0 である。

【 0 0 5 2 】

撮像部 2 5 は、鏡筒 1 0 1 内に、対物レンズ 2 4、ズームレンズを含む光学系 2 3、C C D カメラ 2 2 を光軸 1 0 3 に沿って順に配置した構成である。光学系 2 3 内のズームレンズは、図 2、4 では図示していないがズーム駆動部 3 5 (図 3) によって光軸 1 0 3 の方向に駆動され、ズーム変倍が実現される。鏡筒 1 0 1 内には、台座 2 1 に配置された照明ユニット 3 4 (図 3) が発した照明光を伝搬する光ファイバ (不図示) が引き込まれており、光ファイバから出射された照明光は、対物レンズ 2 4 を通して測定対象に照射される。

【 0 0 5 3 】

また、鏡筒 1 0 1 の径は、図 4 のように先端の対物レンズ 2 4 の部分で狭められており、この先端の鏡筒 1 0 1 の周りに、リング状の鏡筒 1 0 2 が取り付けられている。鏡筒 1 0 1 とリング状の鏡筒 1 0 2 の間には、ベアリング 3 3 が配置され、リング状の鏡筒 1 0 2 は鏡筒 1 0 1 に対して回転可能である。リング状の鏡筒 1 0 2 には、レーザ A F 部 3 0 を構成する半導体レーザ 2 6、集光レンズ 2 8、2 9、および受光素子 2 7 が光軸 1 0 4 に沿って配置される。半導体レーザ 2 6 と集光レンズ 2 8 は、図 4 のように、撮像部 2 5 の光軸 1 0 3 を挟んで受光素子 2 7 と集光レンズ 2 9 に対して対称な位置に配置する。ここでは、受光素子 2 7 として C C D ラインセンサを用いる。また、リング状の鏡筒 1 0 2 には、半導体レーザ 2 6 と受光素子 2 7 が配置される位置にそれぞれ、半導体レーザ 2 6 から出射されるレーザ光を透過する窓 3 9、4 0 が配置されている。

【 0 0 5 4 】

撮像部 2 5 とレーザ A F 部 3 0 は、撮像部 2 5 の焦点位置 1 0 5 とレーザ A F 部 3 0 の検出範囲中央位置とが一致するように構成されている。よって、光軸 1 0 3 と光軸 1 0 4 とは焦点位置 1 0 5 で交差している。

【 0 0 5 5 】

リング状の鏡筒 1 0 2 の外周には、ギア 4 1 が配置されている。また、鏡筒 1 0 1 には、固定具 4 2 によりモータ 3 1 が固定され、モータ 3 1 の回転軸にはギア 3 2 が取り付けられている。ギア 3 2 は、前述のギア 4 1 と噛み合っており、モータ 3 1 が回転することにより、リング状の鏡筒 1 0 2 が鏡筒 1 0 1 の周りで回転する。これらギア 4 1、3 2 およびモータ 3 1 は、AF 回転部 4 3 を構成している。よって、モータ 3 1 の回転量を制御することにより、レーザ AF 部 3 0 の配置を、光軸 1 0 4 が含まれる面が鉛直方向となる縦配置（図 5（a））、および、水平方向となる横配置（図 5（b））に切り替えることができる。なお、モータ 3 1 とリング状の鏡筒 1 0 2 の基部は、カバー 1 4 5 により覆われている。

【 0 0 5 6 】

なお、本実施の形態では、ギアを利用して鏡筒 1 0 2 を回転させる構成としたが、モータ 3 1 の回転軸と鏡筒 1 0 2 との間にベルトを渡して鏡筒 1 0 2 を回転させる構成としてもよい。

【 0 0 5 7 】

また、筐体 1 1 には、測定ヘッド 1 0 が Y 軸移動部 1 6 により移動される範囲で Z 軸方向に長い長方形の開口 1 3 が設けられている（図 1）。開口 1 3 の幅は、測定ヘッド 1 0 の幅と同じ大きさである。開口 1 3 からは測定ヘッド 1 0 の先端部が外部に突出している。また、筐体 1 1 内で発生する塵や埃が開口 1 3 から外部に漏れるのを防止するために、開口 1 3 の測定ヘッド 1 0 の上下には防塵シート 1 4 が配置されている。防塵シート 1 4 は、幅が開口 1 3 の幅よりも若干大きい帯状のシートであり、柔軟性に富み、表面の摩擦係数が低く、耐摩耗性が高い材質からなる。この帯状の防塵シート 1 4 の両端は、図 2 のように治具 4 4 により Z 軸可動プレート 5 0 1 に固定され、これにより防塵シート 1 4 は筐体 1 1 内を一周する輪になっている（図 2）。なお、治具 4 4 は、測定ヘッド 1 0 の Y 軸方向の移動を妨げず、かつ、治具 4 4 と測定ヘッド 1 0 との間から塵や埃が外部に漏れるのを防ぐために、治具 4 4 と測定ヘッド 1 0 との隙間は、微小な幅となるように設定されている。

【 0 0 5 8 】

また、筐体 1 1 内の角部には、図 2 のように 4 カ所にローラー 4 5 が配置され、このローラ 4 5 により防塵シート 1 4 がガイドされている。このローラー 4 5 のガイドにより、防塵シート 1 4 は、筐体 1 1 の前面部では内壁に沿う形状となつて開口 1 3 に密着してこれを塞ぎ、筐体 1 1 の上下面および背面部では、内壁と間隔をあけて内壁に沿う配置となっている。また、輪状の防塵シート 1 4 の途中にはバネ部材 4 6 が配置されている。バネ部材 4 6 は、防塵シート 1 4 を長手方向に対して引っ張り、たるみが生じるのを防止している。

【 0 0 5 9 】

このように防塵シート 1 4 は、両端が Z 軸可動プレート 5 0 1 に固定された輪になっているため、Z 軸移動部 1 7 の動作により測定ヘッド 1 0 が Z 軸方向に移動した場合には、防塵シート 1 4 も測定ヘッド 1 0 とともに移動する。このとき、防塵シート 1 4 の輪が、ローラー 4 5 によってガイドされながら送られることにより、測定ヘッド 1 0 の上下の開口 1 3 は、常に防塵シート 1 4 によって覆われ、筐体 1 1 内の塵や埃が外部に漏れるのを防止する。また、防塵シート 1 4 の両端は、測定ヘッド 1 0 の Y 軸方向への移動を妨げないように Z 軸可動プレート 5 0 1 に固定されているため、測定ヘッド 1 0 は開口 1 3 から Y 軸方向に出没することができる。

【 0 0 6 0 】

筐体 1 1 の下部には排気口 4 7 が開けられ、内部に減圧用ファン 4 8 が配置されている。減圧用ファン 4 8 は、本実施の形態のキャリア形状測定機が稼働状態のときに動作するように設定される。減圧用ファン 4 8 の動作により、筐体 1 1 内部を負圧にする。これにより、防塵シート 1 4 は、開口 1 3 の部分で内側に引っ張られて撓み、図 8 のように筐体 1 1 と防塵シート 1 4 との間にわずかな隙間 4 9 が生じる。この隙間 4 9 を通して、図 7、図 8 のように外部から筐体 1 1 の内部へと空気が流れ込む。よって、稼働時は筐体 1 1 内部の X Y Z 軸移動部 1 5、1 6、1 7 等の可動部で発生した塵や埃が外部へ漏れるのを、いっそう効果的に防止することができる。なお、バネ部材 4 6 が防塵シート 1 4 を引っ張る応力の大きさは、減圧用ファン 4 8 の排気力を考慮して隙間 4 9 の発生を妨げず、し

かも、開口 1 3 部分以外の防塵シート 1 4 にたるみが生じない程度となるように設定しておく。

【 0 0 6 1 】

また、筐体 1 1 の外側は、測定対象であるキャリア 1 8 に対する面を除いて安全カバー 5 0 で覆われている。安全カバー 5 0 の大きさは、筐体 1 1 の X 軸方向への可動範囲を考慮して定められている。また、ステージ 1 2 の上部空間は、測定ヘッド 1 0 に向く面を除き、安全カバー 5 1 で覆われている。安全カバー 5 1 の大きさは、搭載するキャリア 1 8 の大きさを考慮して定められている。また、安全カバー 5 1 の材質は、測定部 1 0 のレーザ A F 部 3 0 から出射されるレーザ光が透過できない光学的特性をもつ材質である。

【 0 0 6 2 】

また、安全カバー 5 0 の上部には、本実施の形態のキャリア形状測定装置の稼働状態を報知するための 3 色のシグナルタワー 5 2 が取り付けられている。

【 0 0 6 3 】

つぎに、画像処理部 1 1 1、コントローラ 1 1 2、ホストコンピュータ 1 1 3 および入出力部 1 1 4 について図 3 を用いて説明する。コントローラ 1 1 2 は、CPU 5 3、ズーム駆動制御部 5 4、XYZ 駆動制御部 5 5、XYZ カウンタ 5 6、レーザ制御部 5 7、回転駆動制御部 5 8、調光制御部 5 9、ファン制御部 6 0、状態監視／制御部 6 1、および、ジョイスティック制御部 6 2 を含んでいる。

【 0 0 6 4 】

ズーム駆動制御部 5 4 は、ホストコンピュータ 1 1 3 の寸法測定演算処理部 6 4 から受け取った撮像倍率に応じて、測定機本体 1 0 0 のズーム駆動部 3 5 に駆動量の指示を出力する。これにより、撮像部 2 5 の光学系のズームレンズの移動量が制御され、CCD カメラ 2 2 の撮像倍率が制御される。よって、キャリア 1 8 の大きさや求められる測定精度により撮像倍率を変化させ、スループットを向上させることができる。

【 0 0 6 5 】

XYZ 駆動制御部 5 5 は、ホストコンピュータ 1 1 3 の寸法測定演算処理部 6

4 から移動指示を受け取り、測定機本体 1 1 0 の X Y Z 軸移動部 1 5、1 6、1 7 のモータ 1 5 c、1 6 c、1 7 c に対して駆動を指示する。また、X Y Z カウンタ 5 6 は、X Y Z 軸移動部 1 5、1 6、1 7 の X Y Z 軸測長部 3 6、3 7、3 8 の測長結果を受けることにより、X Y Z 軸移動部 1 5、1 6、1 7 が移動した座標を検出する。ホストコンピュータ 1 1 3 の寸法測定演算処理部 6 4 は、この検出座標を受け取って移動量をフィードバック制御することにより、寸法測定に必要な座標まで測定ヘッド 1 0 を移動させると共に、画像処理部 1 1 1 の出力結果を用いて Y 軸方向の微調整を行い、測定ヘッド 1 0 の焦点位置 1 0 5 を測定対象に一致させる。

【 0 0 6 6 】

レーザ制御部 5 7 は、ホストコンピュータ 1 1 3 からレーザ A F 部 3 0 を用いる測定の指示を受け取った場合に、レーザ A F 部 3 0 の半導体レーザ 2 6 に発光を指示する信号を出力すると共に、C C D ラインセンサからなる受光素子 2 7 の受光信号を受け取り、C C D ラインセンサのどの位置でレーザ光が受光されているかを検出することにより測定対象の焦点位置 1 0 5 からのずれ量を求める。また、回転駆動制御部 5 8 は、ホストコンピュータ 1 1 3 からレーザ A F 部 3 0 の配置を縦配置および横配置（図 5（a），（b））のいずれかに変換するように指示を受けた場合には、A F 回転部 4 3 のモータ 3 1 に所定の回転量だけ回転するように指示する信号を出力する。これにより、レーザ A F 部 3 0 の配置を、縦配置もしくは横配置に切り替えることができる。

【 0 0 6 7 】

調光制御部 5 9 は、入出力部 1 1 4 が受け付けたオペレータからの照明光量の調整指示をホストコンピュータ 1 1 3 から受け取り、照明ユニット 3 4 の発光する光量を増光または減光させる信号を出力する。これにより、撮像部 2 5 の対物レンズ 2 4 を通して測定対象に出射される照明光が調光され、C C D カメラ 2 2 の撮像する画像の明るさが変化する。状態監視／制御部 6 1 は、ホストコンピュータ 1 1 3 が稼働していること示す信号を受け取った場合にはシグナルタワー 5 2 に青信号を点灯させ、ホストコンピュータ 1 1 3 の寸法測定演算処理部 6 4 がレーザ A F 部 3 0 の測長結果を処理する演算を行っている場合には、シグナルタ

ワー 5 2 に黄色信号を点灯させる。また、状態監視／制御部 6 1 は、ホストコンピュータ 1 1 3 がレーザ制御部 5 7 にレーザ A F 部 3 0 を用いる測定を指示している場合には、半導体レーザ 2 6 が発光していると判断して、シグナルタワー 5 2 の黄色信号を点滅させる。状態監視／制御部 6 1 は、ホストコンピュータ 1 1 3 の出力するエラー信号を受け取った場合には、シグナルタワー 5 2 の赤信号を点灯させる。

【 0 0 6 8 】

また、ジョイスティック制御部 6 2 は、入出力部 7 1 のジョイスティックユニット 7 1 のジョイスティックがオペレータにより操作された場合、直接 X Y Z 軸移動部 1 5, 1 6, 1 7 に駆動を指示し、ジョイスティックの操作量だけ測定ヘッド 1 0 を X Y Z 方向に移動させる制御を行う。

【 0 0 6 9 】

コントローラ 5 3 の C P U 5 3 は、上述したコントローラ 1 1 2 内の各部の動作を全体制御を行う。

【 0 0 7 0 】

一方、画像処理部 1 1 1 は、撮像部 2 5 の C C D カメラ 2 2 の出力する画像情報を受け取り、2 値化処理等の画像処理を行い、ホストコンピュータ 1 1 3 に出力する。

【 0 0 7 1 】

ホストコンピュータ 1 1 3 は、ティーチング管理部 6 3、寸法測定演算処理部 6 4、測定結果管理部 6 5、マンマシンインタフェース 6 6、メモリ 6 7 を含んでいる。メモリ 6 7 には、測定対象であるキャリア 1 8 について、オペレータが所望する箇所の寸法を測定するための複数の測定用プログラムが予め格納されている。ティーチング管理部 6 3 は、マンマシンインタフェース 6 6 を介してキーボード 6 8 またはマウス 6 9 からオペレータが測定したい箇所や測定方法の指示を受け取り、それを実現するためのメモリ 6 7 内のプログラムを選択する。そして、寸法測定演算処理部 6 4 に該当プログラムの実行を指示するとともに、その進行を確認する。

【 0 0 7 2 】

寸法測定演算処理部 6 4 は、ティーチング管理部 6 3 に指示されたプログラムをメモリから読み込んで実行することにより、コントローラ 1 1 2 の各部に対して、上述のような指示を行い、測定ヘッド 1 0 を所望の座標に移動させて、測定ヘッド 1 0 の撮像部 2 5 およびレーザ A F 部 3 0 による測定を行う。具体的には、画像処理部 1 1 1 の出力画像上の中心座標を、この中心座標に対応する X Y Z カウンタ 5 6 の出力座標（X Y Z 軸移動部 1 5, 1 6, 1 7 の座標系 X Y Z）に対応させる演算を行うことにより、出力画像の各画素の座標を X Y Z 座標に変換し、画像処理部 1 1 1 上の出力画像中の所望箇所間の寸法を求める処理を行う。また、寸法測定演算処理部 6 4 は、レーザ A F 部 3 0 により焦点位置 1 0 5 から測定対象の Y 軸方向のずれ量を求めることにより、測定対象の Y 軸方向（奥行き方向）の寸法の分布を高精度に測長する演算処理等を行う。なお、レーザ A F 部 3 0 による測定時の焦点位置 1 0 5 の X Y Z 座標は、画像処理部 1 1 1 の出力画像の中心座標を用いる。

【 0 0 7 3 】

寸法測定演算処理部 6 4 の演算した各箇所の寸法データは、測定結果管理部 6 5 内のメモリに格納される。測定結果管理部 6 5 は、メモリ内の寸法データをそのまま C R T 7 0 に表示させるか、もしくは、オペレータの指示に応じて寸法データの統計データや、寸法誤差データ等を求める演算を行い、その結果を C R T 7 0 に表示させる。

【 0 0 7 4 】

ここで、本実施の形態のキャリア形状測定機で測定対象となる F O U P 型キャリア 1 8 の構造について図 9 を用いてさらに詳しく説明する。F O U P (Front Opening Unified Pod) は、S E M I 規格で定められたキャリアの形状であり、直径 3 0 0 m m のウエハを収容する密閉タイプのキャリアである。具体的には、F O U P 型キャリア 1 8 は、前面にのみ開口を有する本体 9 1 と、その開口を塞ぐためのドア 9 2 からなる。本体 9 1 の内側の両側面には、ティース 9 3 と呼ばれる突起が一定の間隔で複数個配置されている。このティース 9 3 により直径 3 0 0 m m のウエハの両端が図 1 1 のように支持される。また、本体 9 1 の底面には

、3つの凹部（不図示）が設けられている。これら3つの凹部は、ステージ12のキネマティックプレート20のピン20a、20b、20cと嵌合することにより、SEMI規格のキネマティックカップリングを実現する。

【0075】

また、FOUP型キャリア18のドア92は、ドア92を位置決めするためのレジストレーションピン穴96と、ドア92を開状態または閉状態にするためのラッチキー穴95とを有する。ドア92を開く場合には、まず、ロードポートのレジストレーションピンをレジストレーションピン穴96に差し込んでドア92の位置決めを行い、さらに、ラッチキーをラッチキー穴95に差し込んで回転させることにより、ドア92を開状態とした後、ロードポートがドア92を手前に引き出すことにより、図9のようにドア92を本体91から分離する。

【0076】

なお、ステージ12上のキネマティックプレート20の向きは、キャリア18の開口面がXZ平面と平行になるように向けられている。

【0077】

本実施の形態のキャリア形状測定装置は、上述のように測定ヘッド10がXYZ方向に移動して測定を行う構成であり、キャリア18は移動しない。よって、キャリア18に移動による振動や衝撃等が加わらないため、キャリア18に半導体ウエハ97を収容した状態で高精度に測定を行うことができる。測定箇所は、オペレータが所望した箇所を測定することができるが、例えば、測定ヘッド10の撮像部25により図11の点e、g、hの各箇所を含む画像と、点fを含む画像を取得し、画像処理部111が各画像内での点e、f、g、hに相当するエッジ部分を検出し、寸法測定演算処理部64が点e、f、g、hの座標を演算し、さらに点eと点fとの座標の距離を演算することにより、キャリア18の開口の内側の幅Eを求めることができる。また、点gと点hとの距離を演算することにより、開口の縁の幅Gを求めることができる。なお、同様の測定をキャリア18の複数箇所について行うことにより、開口の内側の幅Eや開口の縁の幅Gを複数箇所について求めることができる。これにより前記幅Eや幅Gの分布を求めることが可能である。これらの測定は、キャリア18のドア92を開けた状態の本体

91について行う。

【0078】

また、同様に、図11のようにウエハ97の中央部の点*i*、*j*、*k*、*l*、*m*、*n*を含む画像を撮像部25により撮像し、画像処理部111が各画像内での点*i*、*j*、*k*、*l*、*m*、*n*に相当するエッジ部分を検出し、寸法測定演算処理部64が点*i*、*j*、*k*、*l*、*m*、*n*の座標を演算し、点*i*、*j*、*k*、*l*、*m*、*n*の間隔をそれぞれ求めることにより、ウエハ97の前縁中央部の間隔*I*を測定することができる。このとき、点*i*、*j*、*k*、*l*、*m*、*n*のX座標としては、先に求めた開口の内壁の幅*E*から、ウエハ97の間隔*I*を求めたい所望の位置のX座標を用いることにより、ウエハ97の端部や中央部等の任意の位置でのウエハ間隔*I*を測定することができる。

【0079】

また、測定ヘッド10の撮像部25による撮像に加えて、レーザAF部30を用いることにより、Y軸方向の座標を高精度に求めることができる。このときレーザAF部30は、図5(a)、(b)で説明したようにレーザ光の発光方向を縦配置と横配置に変換できるため、測定対象の手前に突出した構造でレーザ光が蹴られやすい狭い部分についてもレーザAF部30による測定を行うことができる。ここでレーザAF部30を用いた測定の一例として、開口の縁のドア突きあて面98の平面度を測定する動作について図10および図12を用いて説明する。寸法測定演算処理部64は、メモリ67に格納された図12のフローに示した内容のプログラムを読み込んで、これを実行することにより、測定を行う。図12のフローでは、図10の*a*、*b*、*c*、*d*点の座標が用いられるが、この座標は、この測定よりも前に寸法測定演算処理部64が撮像部25による撮像により測定した座標か、もしくはオペレータから入出力部114を介して指定された座標を用いる。

【0080】

まず、寸法測定演算処理部64は、回転駆動制御部58に指示を出力し、レーザAF部30のAF回転部43を回転させることにより、レーザAFの配置を図5(b)の横配置に設定する(ステップ121)。つぎに、寸法測定演算処理部

64は、XYZ駆動制御部55に移動を指示するとともに、XYZカウンタ56から検出結果を受け取って移動量のフィードバック処理をすることにより、測定ヘッド10の焦点位置105を、突きあて面98のa点まで移動させる（ステップ122）。つぎに、寸法測定演算処理部64は、レーザ制御部57に指示して、半導体レーザ26を出射させ（ステップ123）、この状態でXYZ駆動制御部55に指示して予め定めた速度で測定ヘッド10をX軸方向に移動させながら（ステップ124）、焦点位置105からの対象物のY軸方向のずれ量をレーザ制御部57から受け取る（ステップ125）。寸法測定演算処理部64は、レーザ制御部57から受け取ったY軸方向のずれ量からY軸座標を正確に演算する。また、各地点のXZ座標は、XYZ軸測長部36、37、38の検出信号をXYZカウンタ56で読み取り、設定する。これらステップ124、125を測定ヘッド10の座標がb点まで達するまで続ける。ただし、その途中で、ステップ125において受光素子27で受光ができなくなったことが、レーザ制御部57の出力から判明した場合には、レーザ光が開口の縁で蹴られていると判断し、ステップ127に進む。

【0081】

ステップ127では、突きあて面98の縦方向の面精度を測定するため、寸法測定演算処理部64は、点cの座標まで測定ヘッド10を移動させる。移動に際しては、ステップ122と同様に、XYZ駆動制御部55に移動を指示するとともに、XYZカウンタ56から検出結果を受け取ってフィードバック処理をする。つぎに、寸法測定演算処理部64は、回転駆動制御部58に指示を出力し、レーザAF部30のAF回転部43を回転させることにより、レーザAFの配置を図5（a）の縦配置に設定する（ステップ128）。そして、XYZ駆動制御部55に指示して予め定めた速度で測定ヘッド10をZ軸方向に移動させながら（ステップ129）、対象物の焦点位置105からのY軸方向のずれ量をレーザ制御部57から受け取る（ステップ130）。寸法測定演算処理部64は、レーザ制御部57から受け取ったY軸方向のずれ量からY軸座標を正確に演算する。また、各時点のXZ座標は、XYZ軸測長部36、37、38の検出信号をXYZカウンタ56で読み取り、設定する。これらステップ129、130を測定ヘッ

ド 1 0 の座標が d 点まで達するまで続け、測定を終了する。ただし、その途中で、ステップ 1 3 0 において、受光素子 2 7 で受光ができなくなったことがレーザ制御部 5 7 の出力から判明した場合には、レーザ光が開口の縁で蹴られていると判断し、測定を終了する。

【 0 0 8 2 】

寸法測定演算処理部 6 4 は、これらの測定で得られた突きあて面 9 8 上の各点の Y 座標から平面度を求め、その結果を測定結果管理部 6 5 に格納するとともに、C R T 7 0 に表示させる。

【 0 0 8 3 】

このように、本実施の形態では、測定ヘッド 1 0 にレーザ A F 部 3 0 を備えているため、Y 軸方向の座標を高精度に測定することができる。したがって、キャリア 1 8 の平面度を精度良く測定することができる。また、上述の突きあて面 9 8 の測定では、レーザ A F 部 3 0 の配置を縦方向と横方向に変換しながら測定を行うことができるため、縦方向と横方向のどちらか一方の配置では縁で光が蹴られて測定することができないような突きあて面 9 8 の測定を、周方向に沿って行うことが可能である。

【 0 0 8 4 】

つぎに、レーザ A F 部 3 0 を用いる別の測定の例として、F O U P 型キャリア 1 8 の前面 1 8 a の開口の縁の面について、フェイシャル基準面 1 4 2 からの距離と平行度を測定する例について説明する。この測定は、キネマティックプレート 2 0 の前側側面 1 5 2 が、フェイシャル基準面 1 4 2 と平行であり、しかもキャリア 1 8 の前面 1 8 a と一致していることを利用して行う。測定は、メモリ 6 7 に予め格納されている図 1 8 に示したようなフローのプログラムを寸法演算処理部 6 4 が実行することにより行う。図 1 8 のフローでは、図 1 7 の a ~ j 点について Y 座標がレーザ A F 部 3 0 により精密測定されるが、測定ヘッド 1 0 の焦点位置 1 0 5 を a ~ j 点の移動するために必要な X Y Z 座標は、この測定よりも前に寸法測定演算処理部 6 4 が撮像部 2 5 による撮像により測定した座標か、もしくはオペレータから入出力部 1 1 4 を介して指定された座標を用いる。

【 0 0 8 5 】

図 1 8 のように、寸法測定演算処理部 6 4 は、キネマティックプレート 2 0 上に F O U P 型キャリア 1 8 が配置されていることを前述の図 2 0 や図 2 1 の制御部 2 0 1 の出力により確認する（ステップ 1 7 1）。そして、寸法測定演算処理部 6 4 は、X Y Z 駆動制御部 5 5 に移動を指示するとともに、X Y Z カウンタ 5 6 から検出結果を受け取って移動量のフィードバック処理をすることにより、測定ヘッド 1 0 の焦点位置 1 0 5 を、キネマティックプレート 2 0 の前側側面 1 5 2 の a 点と b 点に移動させ、レーザ A F 部 3 0 により a 点と b 点の Y 軸座標をそれぞれ測定する（ステップ 1 7 2）。測定値は測定結果管理部 6 5 に格納する。つぎに、この a 点と b 点の Y 軸座標の位置で、X Y Z カウンタ 5 6 の Y カウンタを 0 にリセットする。なお、X 軸移動部 1 5 の X 軸方向は、図 2 3 ～図 2 7 を用い後で説明する X Y Z 軸の軸方向の調整により前側側面 1 5 2 と平行に正確に調整されているので、a 点と b 点の Y 軸座標は一致している。

【 0 0 8 6 】

寸法測定演算処理部 6 4 は、測定ヘッド 1 0 を c 点～j 点に順に移動させ、レーザ A F 部 3 0 により Y 軸座標をそれぞれ測定する（ステップ 1 7 4 ～1 7 7）。これにより、リセットした前側側面 1 5 2 からの c 点～j 点の Y 軸方向の位置が測定される。測定結果と予め定めた位置許容値（ $\pm 0.5 \text{ mm}$ ）とを比較し（ステップ 1 7 8）、許容値以内であれば合格、許容値外であれば不合格であると判定する（ステップ 1 8 0, 1 8 1）。また測定した c 点～j 点の Y 軸方向の位置および c 点～j 点の X Y 座標を用いて、最小二乗平面を算出し、この算出した平面とフェイシャル基準面 1 4 2 との平行度を算出する（ステップ 1 8 2, 1 8 3）。上記 c 点～j 点の Y 軸方向の位置、判定結果、および平行度は、測定結果管理部 6 5 に格納するとともに、C R T 7 0 に表示する。

【 0 0 8 7 】

このように、本実施の形態の形状測定機は、キネマティックプレート 2 0 の前側側面 1 5 2 を、キャリア 1 8 のフェイシャル基準面 1 4 2 と平行な面としているため、キャリア 1 8 の前面 1 8 a の平面度をキャリア 1 8 のフェイシャル基準面 1 4 2 を基準として測定することができる。これにより、ピン 2 0 a, 2 0 b

、20cの配置を検出することなく、フェイシャル基準面142を基準とする測定を行うことができる。したがって、実際にキャリア18が用いられている半導体デバイスの製造工程でのキャリア姿勢をフェイシャル基準面142を基準として正確に把握することができるという効果が得られる。さらに、キネマティックプレート20の前側側面152の位置が、キャリア18の前面18aの設計上の目標位置と一致している場合には、前側側面152に対する前面18aの偏差を測定するという簡単な方法で、前面18aの測定を行うことが可能である。図16で示したキャリア18の左側側面18bを測定する際にも、左側側面18bの設計上の目標位置を表す左側側面153を用意すれば、同様に両者の偏差を測定する方法によって、左側側面18bの測定を行うことも可能である。このようにキネマティックプレート20に、設計上の目標値を表す形状を形成することにより、キャリア18の基準面を意識することなく測定を行うことが可能である。

【0088】

また、キネマティックプレート20は、フェイシャル基準面142のみならず水平基準面141およびバイラテラル基準面143と平行な面も有する構成であるので、同様に、これらを基準面として、キャリア18の形状を測定することにより、水平基準面141やバイラテラル基準面143に基づいた測定を容易に行える。したがって、実際にキャリア18が用いられる半導体デバイスの製造工程で、キャリアに収納されたウエハのロボットアームによるローディングおよびアンローディングの信頼性の保証や、FOUP型キャリア18のドア92の開閉の信頼性の保証や、キャリア18の縁の面18aを密着させるロードポートとのシール性の保証が可能になる。

【0089】

つぎに、レーザAF部30を用いるさらに別の測定の例として、FOUP型キャリア18に収納されたウエハ97の前縁形状から、収納状態のウエハ97の中心のXY座標を求める測定について説明する。この測定も、メモリ67に予め格納されている図29のフローのようなプログラムを寸法測定演算処理部64が実行することにより行う。図29のフローでは、測定点としてa、b、cの3点が用いられるが、a～c点に測定ヘッド10を移動させるために必要なXYZ座標

は、この測定よりも前に寸法測定演算処理部 6 4 が撮像部 2 5 による撮像で測定した座標か、もしくはオペレータから入出力部 1 1 4 を介して指定された座標を用いる。まず、測定ヘッド 1 0 を a 点に移動させ、レーザ A F 部 3 0 により Y 座標を高精度に測定することにより、a 点の座標値 (X_1, Y_1, Z_1) を得る (ステップ 2 9 1、2 9 2)。同様に b 点、c 点についてもレーザ A F 部 3 0 を用いて測定した b 点の座標値 (X_2, Y_2, Z_2)、c 点の座標値 (X_3, Y_3, Z_3) を測定する。測定した a ~ c 点座標値のうち、X 座標値と Y 座標値を円の公式 $(X_i - X_0)^2 + (Y_i - Y_0)^2 = R^2$ (ただし、 $i = 1, 2, 3$) に代入し、中心座標値 (X_0, Y_0) を算出する (ステップ 2 9 5)。これにより、キャリア 1 8 に収容された状態のウェハ 9 7 の中心の X Y 座標 (X_0, Y_0) を算出することができる。

【0090】

また、ウェハ 9 7 の中心座標の高さ (Z 座標 Z_0) は、図 3 0 (a) のように左右のティース 9 3 について直接測定した座標値からウェハ 9 7 に自重撓みがないとした場合の収納ウェハの想定高さ T_c を求め、これにウェハ 9 7 の自重撓みを加えることにより求めることができる。ウェハ 9 7 の自重撓みとは、ウェハ 9 7 の直径、厚さ、材質により定まる撓み量であり、計算により求めることができる。想定高さ T_c は、図 3 1 のようにフェイシャル基準面 1 4 2 位置で左右のティース 9 3 の端部について測定した高さ (Z 座標) T_L, T_R を数式 $T_c = (T_R + T_L) / 2$ に代入することにより算出することができる。また、収納ウェハ 9 7 の想定傾き θ は、 $\theta = \tan^{-1} ((T_R - T_L) / W)$ (ただし、 W は、左右のティース 9 3 の間隔である) により算出することができる。想定高さ T_c 、想定傾き θ は、多段に配置されたティース 9 3 の各段毎に求めることができる。これにより、収納されているウェハ 9 7 ごとに中心座標の高さを求めることができる。

【0091】

また、キャリア 1 8 が F O U P 型ではなくオープンタイプの場合には、図 3 2 のようにティース 9 3 の前縁の高さ T_F と後縁の高さ T_B とを測定することができる。これを数式 $T_c' = (T_F + T_B) / 2$ に代入することにより、ティース

93の前後方向中央の想定高さ Tc' を算出することができる。同様にティース93の想定傾き θ' は、 $\theta' = \tan^{-1}((TR - TL)/L)$ (ただし、 L は、ティース93の前後の長さである)により算出することができる。また、ティース93上のウェハ97の中心高さは、図30(b)のように、ウェハ97がティース93に沿って自重で撓むことを考慮することにより求めることができる。

【0092】

つぎに、XYZ軸移動部15, 16, 17のXYZ移動軸を、FOUP型キャリア18のxyz軸と平行にする調整について説明する。FOUP型キャリア18のxyz軸は、図14に示したように、キャリア18の前面の左隅を原点とし、水平基準面141、フェイシャル基準面142、バイラテラル基準面143に基づいて定められる軸である。x軸は、フェイシャル基準面142と水平基準面141との交線に平行であり、y軸は、バイラテラル基準面143と水平基準面141との交線に平行であり、z軸は、フェイシャル基準面142とバイラテラル基準面143の交線に平行である。XYZ軸移動部15, 16, 17のXYZ移動軸をキャリア18のxyz軸に平行に調整しておくことにより、キャリア18および収容されているウェハの形状および姿勢を、xyz軸に基づいて正確に把握することができる。また、キャリア18の形状は、xyz軸に平行な部分が多いため、XYZ軸移動部15, 16, 17の1軸または2軸を移動するだけで、測定ポイントを撮像部25とレーザAFの焦点深度内に測定ポイントを収めることが可能になり、測定時間を短縮することも可能になる。

【0093】

XYZ軸移動部15, 16, 17のXYZ移動軸を、キャリア18のxyz軸と平行にする調整動作について、図23～図27を用いて説明する。ホストコンピュータ113のメモリ67には、予め図26および図27のフローに示したプログラムが格納されている。寸法測定演算処理部64は、このプログラムを読み込んで実行することにより、上記調整をおこなう。まず、寸法測定演算処理部64は、測定ヘッド10の先端に変位計231を取り付けるようオペレータに促す表示をCRT70に表示する(ステップ261)。オペレータは、図23のように変位計231を取り付ける。このとき、変位計231のセンサの軸が、測定ヘ

ッド10の光軸103と一致するように取り付ける。変位計231の出力は、変位計表示器232に表示されるとともに、寸法測定演算処理部64に入力される。オペレータは、ジョイスティックユニット71のジョイスティックを操作して、変位計231のセンサの先端をプレート20の前側側面152まで移動させる。寸法測定演算処理部64は、X軸移動部15を動作させて測定ヘッド10をX方向に移動させながら、そのときの変位計231の出力を取り込む（ステップ263）。プレート20の前側側面152はすでに述べたようにフェイシャル基準面142と平行であるため、これによりX軸のY軸方向への傾斜量を検出できる。つぎにオペレータは、ジョイスティックを操作して、変位計231のセンサの先端をプレート20の上面151まで移動させる。寸法測定演算処理部64は、X軸移動部15を動作させて測定ヘッド10をX方向に移動させながら、そのときの変位計231の出力を取り込む。プレート20の上面152は水平基準面141と平行であるため、これによりX軸のZ軸方向への傾斜量を検出できる。

【0094】

寸法測定演算処理部64は、取り込んだ変位の値からX軸移動部15のX軸について前側側面152および上面151に対する平行度を求め、平行であれば、補正值0としてステップ265へ進み、平行でなければX軸のY軸およびZ軸方向への傾斜量をキャンセルするための補正值（傾斜量）をそれぞれ作成してからステップ265cへ進む（ステップ264，265a，265b）。寸法測定演算処理部64は、作成した補正值を内蔵するメモリに格納し、それ以降の調整および寸法測定動作のためにXYZ軸移動部15，16，17を移動する際には、常にこの補正值を考慮して、移動量を制御することにより、X方向の移動をFOUP型キャリア18のx軸と平行に調整することができる。

【0095】

つぎに、ステップ265cでは、オペレータが変位計231のセンサの先端をプレート20の横側側面153と上面152とにそれぞれ移動させ、寸法測定演算処理部64は、その都度Y軸移動部16を動作させて測定ヘッド10をY方向に移動させながら、変位計231の出力を取り込む。これにより、Y軸のX軸方向への傾斜量とZ軸方向への傾斜量とを検出できる。寸法測定演算処理部64は

、取り込んだ変位の値から Y 軸移動部 1 6 の Y 軸の横側側面 1 5 3 および前側側面 1 5 2 に対する平行度を求め、平行であれば、補正值 0 とし、平行でなければ Y 軸の X 軸および Z 軸方向への傾斜量をキャンセルするための補正值（傾斜量）を作成する。寸法測定演算処理部 6 4 は、作成した補正值を内蔵するメモリに格納し、これ以降に X Y Z 軸移動部 1 5, 1 6, 1 7 を移動する際にはこの補正值を考慮して、移動量を制御することにより、Y 方向の移動を F O U P 型キャリア 1 8 の y 軸と平行に調整することができる。

【 0 0 9 6 】

つぎに、ステップ 2 7 0、2 7 1 では、オペレータに直角治具 2 5 0 をプレート 2 0 の上面に搭載するように促す表示を行う。オペレータは、図 2 4 のように、直角治具 2 5 0 の互いに直角な側面 2 5 1, 2 5 2 が、バイラテラル基準面 1 4 3 とフェイシャル基準面 1 4 2 に一致するようにプレート 2 0 上に載置する。直角治具 2 5 0 は、図 2 5 (a)、(b)、(c) のような形状であり、上面 2 5 3 および下面 2 5 4 は、側面 2 5 1, 2 5 2 に対して直角であり、しかも、側面 2 5 1 と側面 2 5 2 は互いに直角である。そして、オペレータのジョイスティック操作により、変位計 2 3 1 の先端が直角治具 2 5 0 の前側側面 2 5 2 を測定する位置まで測定ヘッド 1 0 を移動させる（ステップ 2 7 2）。寸法測定演算処理部 6 4 は、この状態で Z 軸移動部 1 7 を動作させて測定ヘッド 1 0 を Z 方向に移動させながら、変位計 2 3 1 の出力を取り込む（ステップ 2 7 3）。これにより、Z 軸の Y 軸方向への傾斜量を検出する（ステップ 2 7 4）。そして、傾斜量を補正するために Z 軸移動部 1 7 のレール 1 7 a を Y 軸方向に傾斜させるべき量を C R T 7 0 に表示して、オペレータに調整を促す（ステップ 2 7 5）。オペレータは、レール 1 7 a のねじを調整して、レール 1 7 a の軸方向を Y 軸方向に傾斜させ調整する。

【 0 0 9 7 】

同様にステップ 2 7 6 ~ 2 7 9 では、変位計 2 3 1 の先端が直角治具 2 5 0 の横側側面 2 5 1 を測定するようにし、Z 軸移動部 1 7 を動作させて測定ヘッド 1 0 を Z 方向に移動させながら、変位計 2 3 1 の出力を取り込む。そして、Z 軸の X 軸方向への傾斜量を検出し、傾斜量を補正するために Z 軸移動部 1 7 のレール

17aをX軸方向に傾斜させるべき量をCRT70に表示して、オペレータに調整を促す。オペレータは、レール17aのねじを調整してレール17aの軸方向をX軸方向に傾斜させ調整する。これによりZ軸移動部17のZ方向をFOUP型キャリア18のz軸に平行に機械的に調整することができる。

【0098】

以上の動作により、XYZ軸移動部16, 17, 18のXYZ軸を、FOUP型キャリア18のxyz軸に平行に調整することができる。なお、ここでは、X軸Y軸の調整を寸法測定演算処理部64のソフト上の補正により調整し、Z軸を機械的に調整しているが、XYZ軸をすべてソフト上の補正により調整することも可能であるし、XYZ軸をすべてレール15a, 16a, 17aの軸調整により機械的に調整することも可能である。

【0099】

つぎに、本発明の第2の実施の形態のキャリア形状測定機について説明する。第2の実施の形態では、測定ヘッド10の焦点位置105と測定ヘッド10の先端との距離、すなわち作動距離が、図33(a)のようにキャリア18の前面18aとティース93の先端との距離よりも長くなるように設計されている。他の構成は、第1の実施の形態と同じにする。測定ヘッド10の先端とは、最も測定対象側の端部をいう。図4の構成の場合、リング状鏡筒102の窓39、40が測定ヘッド10の先端となる。作動距離は、対物レンズ24、集光レンズ28、29等のレンズ系の焦点距離およびレーザAF部30の光軸104の向きを設計することにより、長くすることができる。作動距離をキャリア18の前面18aとティース93の先端との距離よりも長くすることにより、キャリア18の前面18a付近に測定ヘッド10を配置しながら、ティース93の先端を直接測定できるため、キャリア18の前面18aとティース93との距離等を精度良く測定することができる。

【0100】

また、図33(b)のように測定ヘッド10の作動距離をさらに長くする設計を行い、作動距離をロボティックハンドル94の基部と前面18aとの距離よりも長くすることもできる。この場合、キャリア18の前面18aとロボティック

ハンドル 9 4 の基部との距離等を精度良く測定することができる。

【 0 1 0 1 】

このように、測定ヘッド 1 0 の作動距離を長く設計することにより、直径 3 0 0 m m のウエハ 9 7 を収納するキャリア 1 8 のように大型のキャリアについても、形状や大きさを光学的手法で測定できるため、精度の良い測定を行うことができる。

【 0 1 0 2 】

つぎに、本発明の第 3 の実施の形態の形状測定機について説明する。第 1 の実施の形態では、キネマティックプレート 2 0 は、キャリア 1 8 の開口を測定ヘッド 1 0 に対向させる向きに固定されていたが、第 3 の実施の形態では、キネマティックプレート 2 0 の向きを回転させて取り付けることができる構成とする。この他の構成は、第 1 の実施の形態と同じにする。具体的には、図 3 4 (a) のようにキネマティックプレート 2 0 に、キネマティックプレート 2 0 の中心に対して回転対称な位置に配置された 4 つのボルト通し穴 3 4 6 を設ける。また、キネマティックプレート 2 0 の角の一箇所に突起 3 4 7 を設ける。一方、ステージ 1 2 には、図 3 4 (e) のように 4 つのボルト通し穴 3 4 6 に対応する位置にねじ穴を設けている。これにより、固定ボルト 3 4 8 をボルト通し穴 3 4 6 に通してねじ穴 3 4 5 に固定することにより、キネマティックプレート 2 0 を図 3 4 (a) ~ (d) のうちのいずれの向きであっても、ステージ 1 2 に固定することができる。ステージ 1 2 の側面には、突起 3 4 7 を検出するためのスイッチ 3 4 1 ~ 3 4 4 が四方に配置されている。

【 0 1 0 3 】

したがって、キャリア 1 8 の前面、すなわち図 1 4 の F O U P 型キャリア 1 8 の x z 面を測定したい場合には、図 3 4 (a) の向きでキネマティックプレート 2 0 をステージ 1 2 に固定することにより、搭載されるキャリア 1 8 の前面を筐体 1 1 側に向けることができる。図 3 4 (a) の向きのキネマティックプレート 2 0 の突起 3 4 7 は、スイッチ 3 4 1 で検出される。よって、スイッチ 3 4 1 が突起 3 4 8 を検出した場合には、キネマティックプレート 2 0 がキャリア 1 8 の前面測定の向きであることが検知される。スイッチ 3 4 1 の出力信号は、後述す

る座標変換器 3 5 1 で座標変換に用いられる。同様に、キャリア 1 8 の左側面（キャリア 1 8 の $x y z$ 座標系（図 1 4）で $-y z$ 面）を測定したい場合には図 3 4（b）の向きに、背面（ $-x z$ 面）を測定したい場合には図 3 4（c）の向きに、キャリアの右側面（ $y z$ 面）を測定したい場合には図 3 4（d）の向きにキネマティックプレート 2 0 をステージ 1 2 に搭載する。

【0 1 0 4】

このようにキネマティックプレート 2 0 の向きを回転させて取り付けることにより、ピン 2 0 a, 2 0 b, 2 0 c にキャリア 1 8 を搭載するだけで、正確にキャリア 1 8 の向きを所望の向きに向けて、その向きから形状測定することができる。したがって、キャリア 1 8 の全体の形状を高精度に測定することが可能となる。これにより、人力搬送が困難で自動搬送が必要な大型のキャリア 1 8 について、全体形状を精度良く測定できるため、自動搬送の動作信頼性を保証することができる。

【0 1 0 5】

また、キネマティックプレート 2 0 の向きの回転は、キャリア 1 8 の搭載前に行う。これにより、回転によりキャリア 1 8 や収納されたウエハに衝撃を与えるおそれはなく、キャリア 1 6 やウエハの姿勢が崩れることはない。よって、どの向きでもキネマティックカップリングにより位置決めされた状態のキャリア 1 8 の姿勢を高精度に測定できるという効果が得られる。

【0 1 0 6】

なお、図 3 4（a）～（d）のようにキネマティックプレート 2 0 を回転させて配置した場合には、CCD カメラ 2 2 の画像上の座標系（ x_M, y_M ）（図 3 6（b）参照）が、キャリア 1 8 の $x y z$ 座標系では図 3 4（a）の配置の場合は $x z$ 平面に対応し、図 3 4（b）の配置の場合 $-y z$ 面に対応し、図 3 4（c）の配置の場合 $-x z$ 面に対応し、図 3 4（d）の配置の場合 $y z$ 面に対応する。このため、寸歩測定演算処理部 6 4 が、CCD カメラ 2 2 の画像の中心座標と、その中心座標を示す XYZ カウンタ 5 6 の座標 XYZ（XYZ 軸移動部 1 5, 1 6, 1 7 の機械座標 XYZ）とを重ね合わせて画像上の各画素の座標を求める前に、座標軸を変換しなければならない。本実施の形態では、図 3 5 のように画像

処理部 111 とホストコンピュータ 113 との間に、座標軸変換器 351 を配置している。座標軸変換器 351 は、スイッチ 341 ～ 344 の出力が入力され、この出力によりキネマティックプレート 20 が図 34 (a) ～ (d) のどの向きであるかを検出し、その結果に応じて、画像処理部 111 の出力画像の座標と XYZ カウンタ 56 の出力座標とを座標変換して寸法測定演算処理部 64 に受け渡す。

【0107】

具体的には、座標軸変換器 351 がスイッチ 341 から出力信号を受け取った場合には、xz 面（開口面）が CCD カメラ 22 により撮影される向きに搭載されているので、CCD カメラ 22 の画像上の座標軸 x_M 、 y_M を、座標軸 x 、 z に変換する（図 36 (a)）。例えば、図 35 の画像 351 のような画像が CCD カメラ 22 により撮像された場合、画像 351 上の点は CCD カメラ 22 の出力画像上の座標軸 x_M 、 y_M により 2 次元で表され、これに z を付加して 3 次元とすると、p03 という点の座標は $(x_M, y_M, z) = (5, 24, z)$ である。この $x_M y_M$ 面がキャリア 18 の軸では xz 平面に対応するから x_M を x に、 y_M を z に対応させる座標変換を座標軸変換器 351 が行い、p03 の座標を $(5, y, 24)$ に変換する（図 35 の画像 352 を参照）。

【0108】

また、座標軸変換器 351 がスイッチ 342 から出力信号を受け取った場合には、 $-yz$ 面（左側面）が CCD カメラ 22 により撮影されている向きに搭載されているので、CCD カメラ 22 の画像上の座標軸 x_M 、 y_M の x_M を $-y$ に、 y_M を z に変換する（図 36 (a)）。よって例えば、変換前の $(5, 24, z)$ という座標は $(x, -5, 24)$ に変換される。同様に、座標軸変換器 351 がスイッチ 343 から出力信号を受け取った場合には、 $-xz$ 面（背面）が CCD カメラ 22 により撮影されているので、CCD カメラ 22 の画像上の座標軸 x_M 、 y_M の x_M を $-x$ に、 y_M を z に変換する。よって例えば、変換前の $(5, 24, z)$ という座標は $(-5, y, 24)$ に変換される。また、座標軸変換器 351 がスイッチ 344 から出力信号を受け取った場合には、 yz 面（右側面）が CCD カメラ 22 により撮影されているので、CCD カメラ 22 の画像上の座標軸 x

M、 y_M の x_M を y に、 y_M を z に変換する。よって例えば、変換前の $(5, 24, z)$ という座標は $(x, 5, 24)$ に変換される。

【0109】

一方、座標軸変換器351は、XYZカウンタ56の出力座標も変換する。測定ヘッド10に対向する面をXYZカウンタ56の軸で表すとXZ面であるが、実際に測定ヘッド10に対向している面は、スイッチ341が出力しているときにキャリア18の $x y z$ 軸では $x z$ 面、スイッチ342が出力しているときには、 $-y z$ 面、スイッチ343が出力しているときには $-x z$ 面、スイッチ344が出力しているときには $y z$ 面である（図36（a）参照）。よって、座標軸変換器351は、CCDカメラ22の画像の中心位置を示すXYZカウンタ56の座標を、キャリア18の座標軸に変換して寸法測定演算処理部64に受け渡す。スイッチ341が出力している場合には、変換前のXZ面をキャリア18の $x z$ 面の座標の画像354に変換する（図35の画像353、354参照）。よってこの場合は、実質的な座標系の変更はなく、CCDカメラ22の画像の中心位置を示すXYZカウンタ56の座標 $(130, Y, 210)$ を $(130, y, 210)$ に変換して寸法測定演算処理部64に受け渡す。同様に、スイッチ342が出力している場合には、座標変換器351は、XYZカウンタ56の座標 $(130, Y, 210)$ を $(x, -130, 210)$ に変換し、スイッチ343が出力している場合には $(-130, y, 210)$ に変換し、スイッチ343が出力している場合には $(x, 130, 210)$ に変換する。

【0110】

寸法測定演算処理部64では、座標軸変換器351から受け取った座標軸変換後のCCDカメラ22の出力画像352上の中心座標 $(0, y, 0)$ が、その位置を表すXYZカウンタ56の座標を変換した座標 $(130, y, 210)$ に重ね合わせる演算を行い、画像352の各画素の座標を算出する。算出後の座標は図35の画像355のようになる。寸法測定演算処理部64は、画像355上の各点の座標を用いて、画像355に示される形状の横幅や縦幅の計算を図35のように行う。

【 0 1 1 1 】

このように、第 3 の実施の形態では、座標軸変換器 3 5 1 を配置したことにより、キネマティックプレート 2 0 を回転させた場合にも、キャリア 1 8 の向きの座標に合わせて、形状を測定することができる。

【 0 1 1 2 】

なお、第 3 の実施の形態では、座標軸変換器 3 5 1 により変換した座標を用いて寸法演算を行う構成であったが、寸法を求めたい部分が、CCD カメラ 2 2 の一つの画像、すなわち一画面内に収まっている場合には、座標変換することなく、CCD カメラ 2 2 の出力する画像上での座標を用いて寸法演算することができる。例えば、図 3 5 の計算式 3 5 4 に示したように計算を行うことにより、CCD カメラ 2 2 の一画面内の測定対象物の縦幅および横幅を求めることができる。

【 0 1 1 3 】

つぎに、本発明の第 4 の実施の形態の形状測定機について説明する。第 4 の実施の形態の形状測定機は、第 3 の実施の形態と同様にキネマティックプレート 2 0 を回転可能な構成である。第 3 の実施の形態では固定ボルト 3 4 8 を締め直して回転させる構成であったのに対し、第 4 の実施の形態では、図 3 7 のようにステージ 1 2 が回転テーブル 3 7 2 と回転テーブルを回転させる駆動部 3 7 3 とを含む構成とする。回転テーブル 3 7 2 には、キネマティックプレート 2 0 をねじ止めするための 4 つのねじ穴 3 7 4 が設けられている。このねじ止めにより、キネマティックプレート 2 0 の 3 つのピン 2 0 a, 2 0 b, 2 0 c の中心（すなわち、フェイシャル基準面 1 4 2 とバイラテラル基準面 1 4 3 との交点）が回転テーブル 3 7 2 の回転中心 3 7 5 と位置合わせされ、キネマティックプレート 2 0 が回転テーブル 3 7 2 上に固定される。駆動部 3 7 3 には、回転駆動制御部 3 7 1 が接続される。また、駆動部 3 7 3 には、回転テーブル 3 7 2 の回転角度を検出する検出部を備えられている。回転駆動制御部 3 7 1 は、オペレータの指示を入出力部 1 1 4 およびホストコンピュータ 1 1 3 を介して受け取り、駆動部 3 7 3 に回転指示を出力し、90 度ごとに回転テーブル 3 7 2 を回転させる。これにより、図 3 4 (a) ~ (d) と同様にキャリア 1 8 の前面測定用、左側面測定用、背面測定用、右側面測定用の 4 つの向きにキネマティックプレート 2 0 を向け

ることができる。よって、キャリア 1 8 をキネマティックプレート 2 0 に搭載する前に、オペレータが所望する向きにキネマティックプレート 2 0 を向けておくことにより、第 3 の実施の形態と同様にキャリア 1 8 を所望の向きに搭載して、キャリア 1 8 の全体形状を測定することができる。

【0 1 1 4】

なお、回転駆動制御部 3 7 1 からは、回転テーブル 3 7 2 の回転角度情報が座標軸変換器 3 5 1 に入力される。座標軸変換器 3 5 1 は、回転角度情報からキネマティックプレート 2 0 の向きを検知し、第 3 の実施の形態と同様に座標軸の変換を行う。

【0 1 1 5】

つぎに、第 5 の実施の形態の形状測定機について説明する。第 5 の実施の形態の形状測定機も第 3、第 4 の実施の形態と同様にキャリア 1 8 の搭載向きを四方向に変換可能な構成であるが、本実施の形態では、キネマティックプレート 2 0 の向きを回転させることなく、複数のキネマティックカップリングピンのうちのひとつを選択的に突出させることにより、キネマティックカップリングピンの向きを変更し、キャリア 1 8 の搭載向きを変換する。すなわち図 3 8 に示すように、キネマティックプレート 2 0 には 4 組のキネマティックカップリングピン 2 0 a ～ 2 0 i が配置されている。このうちピン 2 0 a、2 0 b、2 0 c は、図 3 4 (a) と同じくキャリア 1 8 の前面測定用のキネマティックカップリングピンである。また、ピン 2 0 d、2 0 e、2 0 f は、図 3 4 (b) と同じくキャリア 1 8 の左側面測定用のキネマティックカップリングピンである。ピン 2 0 g、2 0 h、2 0 i は、図 3 4 (c) と同じくキャリア 1 8 の背面測定用のキネマティックカップリングピンである。ピン 2 0 j、2 0 k、2 0 l は、図 3 4 (d) と同じくキャリア 1 8 の右側面測定用のキネマティックカップリングピンである。

【0 1 1 6】

これらピン 2 0 a ～ 2 0 l は、いずれもプレート 2 0 から出沒可能な構成となっている。具体的には、図 3 9 (a)，(b) に示すように、ピン 2 0 a ～ 2 0 l はプレート 2 0 に設けられた貫通孔 3 9 4 内に配置されている。貫通孔 3 9 4 のプレート 2 0 の裏面側の開口には、ピン 2 0 a ～ 2 0 l を押し上げるための突

き出し棒 3 9 2 と突き出し棒 3 9 2 を出沒させる駆動源 3 9 3 が配置されている。駆動源 3 9 3 としては、ソレノイドやエアシリンダ等を用いることができる。また、ピン 2 0 a ~ 2 0 l には、戻しバネ 3 9 1 が巻かれている。駆動源 3 9 3 は、図 3 8 のピン上下駆動制御部 3 8 1 に接続されている。

【 0 1 1 7 】

この構成では、ピン上下駆動制御部 3 8 1 が突出させたいキネマティックカップリングピン（例えばピン 2 0 a, 2 0 b, 2 0 c）の駆動源 3 9 3 に突出を指示する信号を出力すると、駆動源 3 9 3 は突き出し棒 3 9 2 を突出させ、図 3 9（b）の状態とする。これにより、そのピン 2 0 a, 2 0 b, 2 0 c は、プレート 2 0 の貫通孔 3 9 4 から主平面上に突き出される。また、突出しているピン 2 0 a, 2 0 b, 2 0 c を収納する際には、ピン上下駆動制御部 3 8 1 が駆動源 3 9 3 に収納を指示する信号を出力する。これにより、突き出し棒 3 9 2 は、駆動源 3 9 3 に引き込まれ、戻しバネ 3 9 1 のバネ力により図 3 9（a）のようにピン 2 0 a, 2 0 b, 2 0 c が貫通孔 3 9 4 内に収納される。

【 0 1 1 8 】

ピン上下駆動制御部 3 8 1 は、オペレータからキャリア 1 8 の搭載向きを指定する指示を入出力部 1 1 4 およびホストコンピュータ 1 1 3 を介して受け取り、その向きに応じて 4 組のキネマティックカップリングピンのうちの 1 組のみを突出させ、他の 3 組のキネマティックカップリングピンはプレート 2 0 内に収納する。オペレータの指示した搭載向きが、キャリア 1 8 の前面測定用の向きである場合には、4 組のピンのうちピン 2 0 a, 2 0 b, 2 0 c の組を突出させる。また、オペレータの指示した搭載向きが、キャリア 1 8 の左側面測定用の向きである場合には、ピン 2 0 d, 2 0 e, 2 0 f の組を突出させる。オペレータの指示した搭載向きが、キャリア 1 8 の背面測定用の向きである場合には、ピン 2 0 g, 2 0 h, 2 0 i の組を突出させる。オペレータの指示した搭載向きが、キャリア 1 8 の右側面測定用の向きである場合には、ピン 2 0 j, 2 0 k, 2 0 l の組を突出させる。

【 0 1 1 9 】

これにより、図 3 4（a）～（d）と同様にキャリア 1 8 の前面測定用、左側

面測定用、背面測定用、右側面測定用の４種類の配置でピン２０a～２０lを突出させることができる。よって、キャリア１８をキネマティックプレート２０に搭載する前に、オペレータが所望する搭載配置に応じたピン２０a～２０lの組を突出させておくことにより、第３、第４の実施の形態と同様にキャリア１８を所望の向きに搭載でき、キャリア１８の全体形状を測定することができる。

【 0 1 2 0 】

なお、ピン上下駆動制御部３８１からは、ピン２０a～２０lのうちどの組のピンを突出させたかが座標軸変換器３５１に入力される。座標軸変換器３５１は、突出させたピンの組からキャリア１８が搭載される向きを検知し、第３、第４の実施の形態と同様に座標軸の変換を行う。

【 0 1 2 1 】

上述した第１の実施の形態では、キネマティックプレート２０が図１５のように水平基準面１４１、フェイシャル基準面１４２、バイラテラル基準面１４３に平行な面１５１，１５２，１５３等を有する構成とし、これらの面１５１，１５２，１５３を利用してXYZ軸移動部１５，１６，１７の軸方向の調整をした（図２６，図２７）。しかしながら、キネマティックプレート２０を基準面１４１，１４２，１４３に平行な面を有さない構成にすることもできる。この場合も、図４２，図４３に示すような直角治具４１０を用いることにより、XYZ軸移動部１５，１６，１７の軸方向の調整を行うことができる。

【 0 1 2 2 】

直角治具４１０は、プレート部４１１とプレート部４１１の上面に固定された直角柱部４１２とを有する。プレート部４１１の裏面には、プレート２０に搭載された際にピン２０a，２０b，２０cのキネマティックカップリングするV溝状凹部４２１a，４２１b，４２１cが設けられている。また、プレート部４１１の上面４１６は、キネマティックカップリングよりプレート２０に搭載された状態で、水平基準面１４１と平行な面になるように形成されている。また、プレート部４１１の前側（筐体１１側）の側面４１５は、フェイシャル基準面１４２と平行となるように形成され、横側側面４１７は、バイラテラル基準面１４３と平行となるように形成されている。直角柱部４１２は、互いに直角な側面４１３

、414が、フェイシャル基準面142とバイラテラル基準面143に対して一致するように配置されている。

【0123】

この直角治具410を用いて、XYZ軸移動部15、16、17のXYZ軸を軸調整する手順を図40、図41のフローを用いて簡単に説明する。軸調整の手順は、第1の実施の形態の図26、図27のフローと基本的には同じであるが、ステップ261の次に直角治具410をキネマティックプレート20の上に搭載するという点が異なる。というのは、キネマティックプレート20が基準面141、142、143に平行な面を有していないため、最初に直角治具410を搭載し、直角治具410の面415、416、417を用いてXY軸の軸調整を行う必要があるためである。よって、図40のステップ462～469までの各ステップは、図26のステップ262～269までの各ステップの動作と基本的には同じであるが、図26のフローではプレート20の前側側面152、上面151、横側側面153を用いたステップで、図40のフローでは直角治具410の前側側面415、上面416、横側側面417を用いる点が異なっている。これら図40の各ステップによりXY軸移動部15、16のX軸、Y軸の調整を補正值によりソフト的に行うことができる。同様に図41のフローのステップ472～479は、図27のフローのステップ272～279と基本的に同じであるが、図27のフローではプレート20の前側側面252、横側側面413を用いているステップで、図40のフローでは直角治具410の前側側面414、横側側面413を用いる点が異なっている。これら図41の各ステップによりZ軸移動部17のZ軸の調整を機械的に行うことができる。

【0124】

また、第1の実施の形態の形状測定機では、キネマティックカップリングによりキャリア18を支持するために、ステージ12の上にキネマティックプレート20を搭載しているが、にステージ12の上面に直接キネマティックカップリングピン20a、20b、20cを設ける構成することも可能である。

【0125】

上述してきたように、本発明の第1～第5の実施の形態の形状測定機は、ステ

キネマティックプレート 20 により、キネマティックカップリングによりキャリア 18 を支持および位置決めした状態でキャリア形状を測定することができるため、半導体デバイス製造ラインでのキャリア姿勢を再現して、キャリアとウエハの形状および姿勢を精度良く測定できる。

【 0 1 2 6 】

【発明の効果】

上述してきたように、本発明によれば、キャリアおよびキャリアに収容された半導体ウエハの姿勢を精度良く測定することのできる形状測定機を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 の実施の形態のキャリア形状測定装置の測定機本体 110 の外観を示す斜視図。

【図 2】 本発明の第 1 実施の形態のキャリア形状測定装置の減圧ファン 48 が非稼働時の図 1 の A - A' 断面図。

【図 3】 本発明の第 1 の実施の形態のキャリア形状測定装置の全体構成を示すブロック図。

【図 4】 本発明の第 1 の実施の形態のキャリア形状測定装置の測定ヘッド 10 の先端部の構成を示す断面図。

【図 5】 本発明の第 1 の実施の形態のキャリア形状測定装置の測定ヘッド 10 のレーザ AF 部 30 を (a) 縦配置にした場合と (b) 横配置にした場合の形状を示す斜視図。

【図 6】 本発明の第 1 の実施の形態のキャリア形状測定装置の減圧用ファン 48 が非稼働時の図 2 の B - B' 断面図。

【図 7】 本発明の第 1 の実施の形態のキャリア形状測定装置の減圧用ファン 48 が稼働時の図 2 の B - B' 断面図。

【図 8】 本発明の第 1 の実施の形態のキャリア形状測定装置の減圧ファン 48 が稼働時の図 1 の A - A' 断面図。

【図 9】 本発明の第 1 の実施の形態のキャリア形状測定装置で測定することのできる FOUP 型キャリア 18 の構成を示す斜視図。

【図 1 0】本発明の第 1 の実施の形態のキャリア形状測定装置で図 9 のキャリア 1 8 の面 9 8 について平面度を測定する手順を説明するための説明図。

【図 1 1】図 9 のキャリア 1 8 に半導体ウエハ 9 7 が収容された状態と、測定位置の例を示すための説明図。

【図 1 2】本発明の第 1 の実施の形態のキャリア形状測定装置で図 9 のキャリア 1 8 の面 9 8 について平面度を測定する動作を示すフローチャート。

【図 1 3】本発明の第 1 の実施の形態のキャリア形状測定装置において、(a) 防塵シート 1 4 に隙間 4 9 を生じやすい構成とした説明図、(b) 防塵シート 1 4 のたるみを防止するための別の構成例を示す説明図。

【図 1 4】本発明の第 1 の実施の形態のキャリア形状測定機で測定対象となる F O U P 型キャリア 1 8 の形状と、その基準面を示す説明図。

【図 1 5】本発明の第 1 の実施の形態のキャリア形状測定機のキネマティックプレート 2 0 の形状と、F O U P 型キャリア 1 8 の基準面との関係を示す説明図。

【図 1 6】本発明の第 1 の実施の形態のキャリア形状測定機のキネマティックプレート 2 0 の大きさと、F O U P 型キャリア 1 8 の外形の関係を示す説明図。

【図 1 7】本発明の第 1 の実施の形態のキャリア形状測定機において、キネマティックプレート 2 0 の前側側面 1 5 2 を順として、キャリア 1 8 の前面 1 8 a の平面度を測定する手順を示す説明図。

【図 1 8】図 1 7 の測定動作を示すフローチャート。

【図 1 9】本発明の第 1 の実施の形態のキャリア形状測定機のキネマティックプレート 2 0 のピン 2 0 a, 2 0 b, 2 0 c と、キャリア 1 8 の凹部 1 9 1 との嵌合が (a) 完全な状態 (b) 不完全な状態を示す断面図。

【図 2 0】本発明の第 1 の実施の形態のキャリア形状測定機のキネマティックプレート 2 0 のピン 2 0 a, 2 0 b, 2 0 c を揺動させるための構成を示すブロック図。

【図 2 1】(a), (b), (c), (d) 本発明の第 1 の実施の形態のキャリア形状測定機のキネマティックプレート 2 0 のピン 2 0 a, 2 0 b, 2 0 c から空気を噴出させる構成とする場合のピン 2 0 a, 2 0 b, 2 0 c の断面図。

【図 2 2】本発明の第 1 の実施の形態のキャリア形状測定機のキネマティックプレート 2 0 のピン 2 0 a, 2 0 b, 2 0 c から空気を噴出させるための構成を示すブロック図。

【図 2 3】本発明の第 1 の実施の形態のキャリア形状測定機において、X Y Z 軸移動部 1 5, 1 6, 1 7 の軸方向を調整する動作を行う場合の構成を示す斜視図。

【図 2 4】図 2 3 の調整動作で用いられる直角治具 2 5 0 の構成と、基準面との関係を示す説明図。

【図 2 5】図 2 3 の調整動作で用いられる直角治具 2 5 0 の構成を示す (a) 上面図、(b) 側面図、(c) 側面図。

【図 2 6】図 2 3 の調整動作を示すフローチャート。

【図 2 7】図 2 3 の調整動作を示すフローチャート。

【図 2 8】本発明の第 1 の実施の形態のキャリア形状測定機において、ウエハ 9 7 の前縁の座標からウエハの中心座標を求める測定を説明する説明図。

【図 2 9】図 2 8 の測定動作を示すフローチャート。

【図 3 0】本発明の第 1 の実施の形態のキャリア形状測定機において、(a) ティースの座標から自重撓みを考慮してウエハ 9 7 の中心高さを求めることを説明する断面図、(b) ティース 9 3 部分ではティース 9 3 に沿ってウエハ 9 7 が撓むことを説明する断面図。

【図 3 1】本発明の第 1 の実施の形態のキャリア形状測定機において、ティース 9 3 の座標からウエハの想定高さ T_c を求めることを説明するためのキャリア 1 8 の断面図。

【図 3 2】本発明の第 1 の実施の形態のキャリア形状測定機において、キャリア 1 8 がオープンキャリアである場合に、ティース 9 3 の座標からティースの想定高さ $T_{c'}$ を求めることを説明するためのキャリア 1 8 の断面図。

【図 3 3】(a) , (b) 本発明の第 2 の実施の形態のキャリア形状測定機の測定ヘッド 1 0 の作動距離を示す説明図。

【図 3 4】本発明の第 3 の実施の形態のキャリア形状測定機において (a) ~ (d) はプレート 2 0 の向きを示す斜視図、(e) は測定機本体の構成を示す斜視

図。

【図 3 5】本発明の第 3 の実施の形態のキャリア形状測定機の座標軸変換器 3 5 1 の動作を示す説明図。

【図 3 6】本発明の第 3 の実施の形態のキャリア形状測定機において（a）は座標軸変換器 3 5 1 の変換する座標系説明図、（b）は CCD カメラ 2 2 の出力画像上の座標軸を示す説明図。

【図 3 7】本発明の第 4 の実施の形態のキャリア形状測定機の測定機本体の構成と回転駆動制御部 3 7 1 を示すブロック図。

【図 3 8】本発明の第 5 の実施の形態のキャリア形状測定機の測定機本体の構成とピン上下駆動制御部 3 8 1 を示すブロック図。

【図 3 9】（a）、（b）図 3 8 のキャリア形状測定機のプレート 2 0 のピン 2 0 a ～ 2 0 1 の構成を示す断面図。

【図 4 0】本発明の第 1 の実施の形態のキャリア形状測定機において、プレート 2 0 が基準面を有さない構成とした場合に、XYZ 軸移動部 1 5, 1 6, 1 7 の軸方向の調整方法を示すフローチャート。

【図 4 1】本発明の第 1 の実施の形態のキャリア形状測定機において、プレート 2 0 が基準面を有さない構成とした場合に、XYZ 軸移動部 1 5, 1 6, 1 7 の軸方向の調整方法を示すフローチャート。

【図 4 2】図 4 0, 図 4 1 の調整動作で用いられる直角治具 4 1 0 の（a）上面図、（b）側面図、（c）側面図。

【図 4 3】図 4 0, 図 4 1 の調整動作で用いられる直角治具 4 1 0 の構成と、基準面との関係を示す説明図。

【符号の説明】

1 1 … 筐体、1 2 … ステージ、1 3 … 開口、1 4 … 防塵シート、1 5 … X 軸移動部、1 6 … Y 軸移動部、1 7 … Z 軸移動部、1 8 … キャリア、2 0 … キネマティックプレート、2 0 a、2 0 b、2 0 c … キネマティックカップリングピン、2 1 … 台座、2 2 … CCD カメラ、2 3 … ズームレンズを含む光学系、2 4 … 対物レンズ、2 5 … 撮像部、2 6 … 半導体レーザ、2 7 … 受光素子、2 8, 2 9 … 集光レンズ、3 0 … レーザ A F 部、3 3 … ベアリング、3 4 … 照明ユニット、4

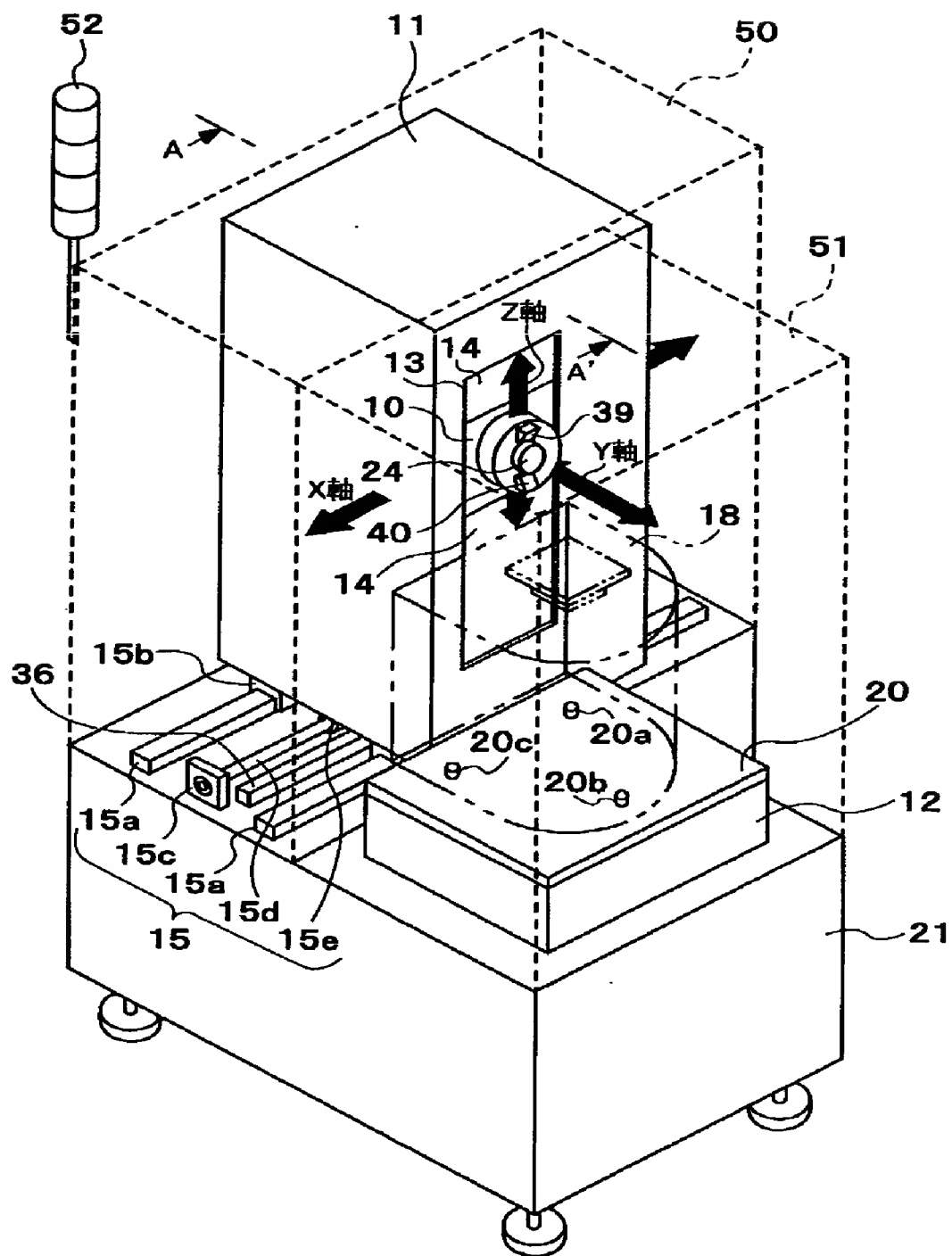
3…A F 回転部、4 5…ローラー、4 8…減圧用ファン、4 9…隙間、9 7…半
導体ウエハ、1 0 1…鏡筒、1 0 2…リング状の鏡筒、1 0 5…焦点面、1 4 1
…水平基準面、1 4 2…フェイシャル基準面、1 4 3…バイラテラル基準面、1
5 1…上面、1 5 2…前側側面、1 5 3…横側側面、1 9 1…V 溝状凹部、1 9
2…隙間、2 0 1…制御部、2 0 4…振動素子、2 0 5 a, 2 0 5 b…光電スイ
ッチ、2 1 1…多孔質の先端部、2 1 2…供給管、2 1 3…分岐路、2 1 4…流
路、2 3 1…変位計、2 5 0…直角治具、3 4 1, 3 4 2, 3 4 3, 3 4 4…ス
イッチ、3 4 5…ねじ穴、3 4 6…ボルト通し穴、3 4 7…突起、3 7 2…回転
テーブル、3 7 3…駆動部、4 1 0…直角治具。

【書類名】 図面

【図 1】

图 1

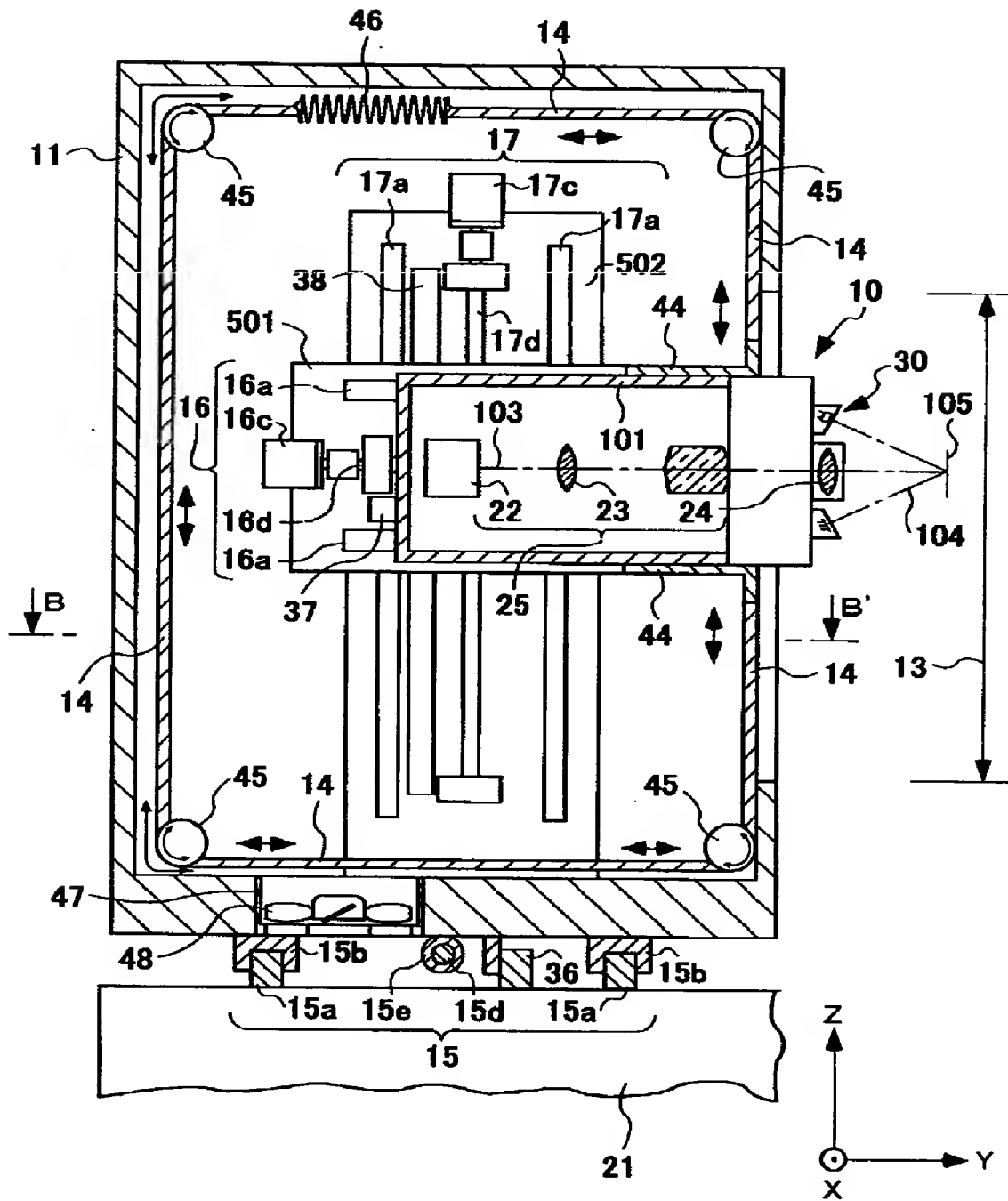
110



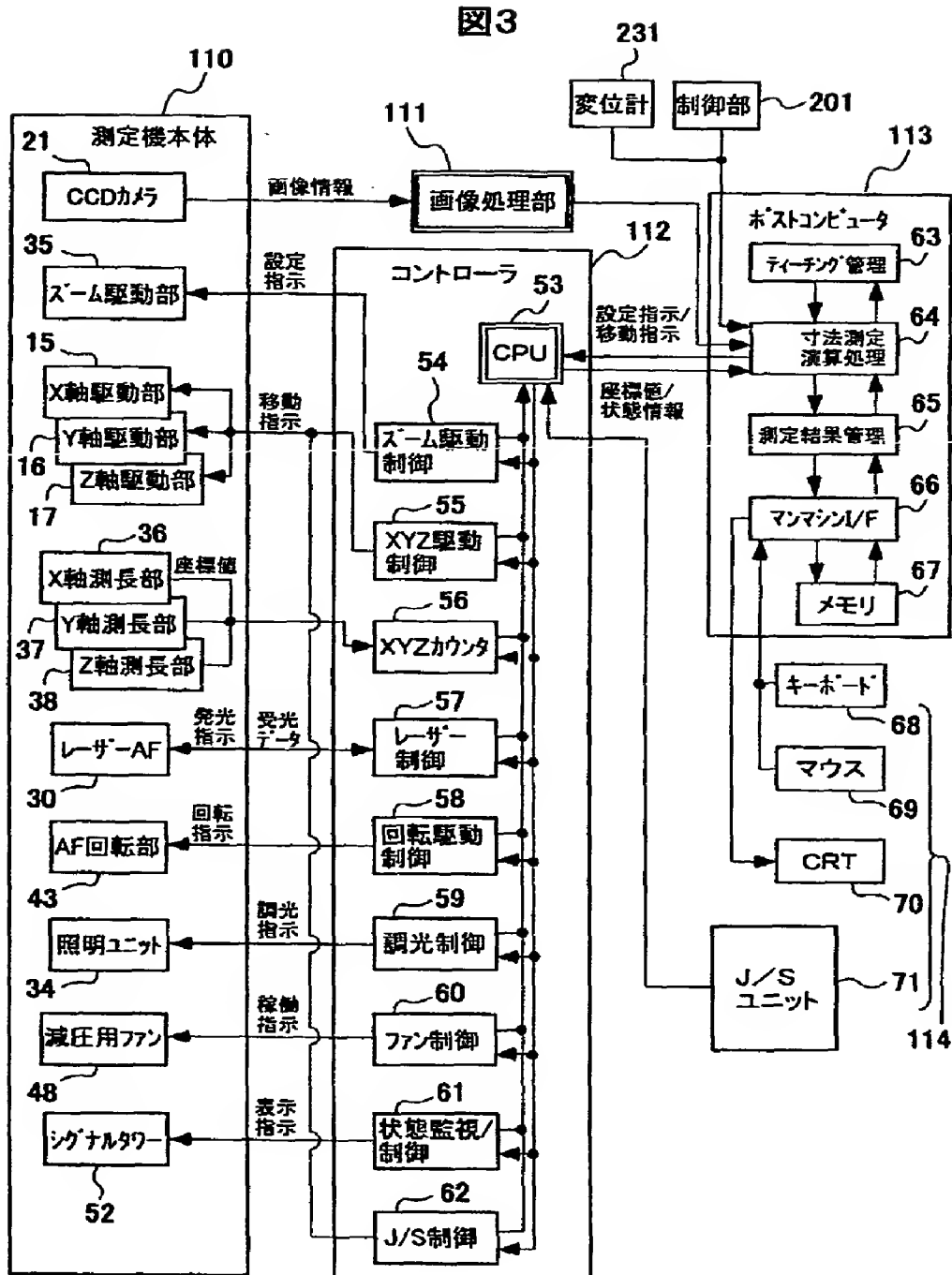
【図2】

図2

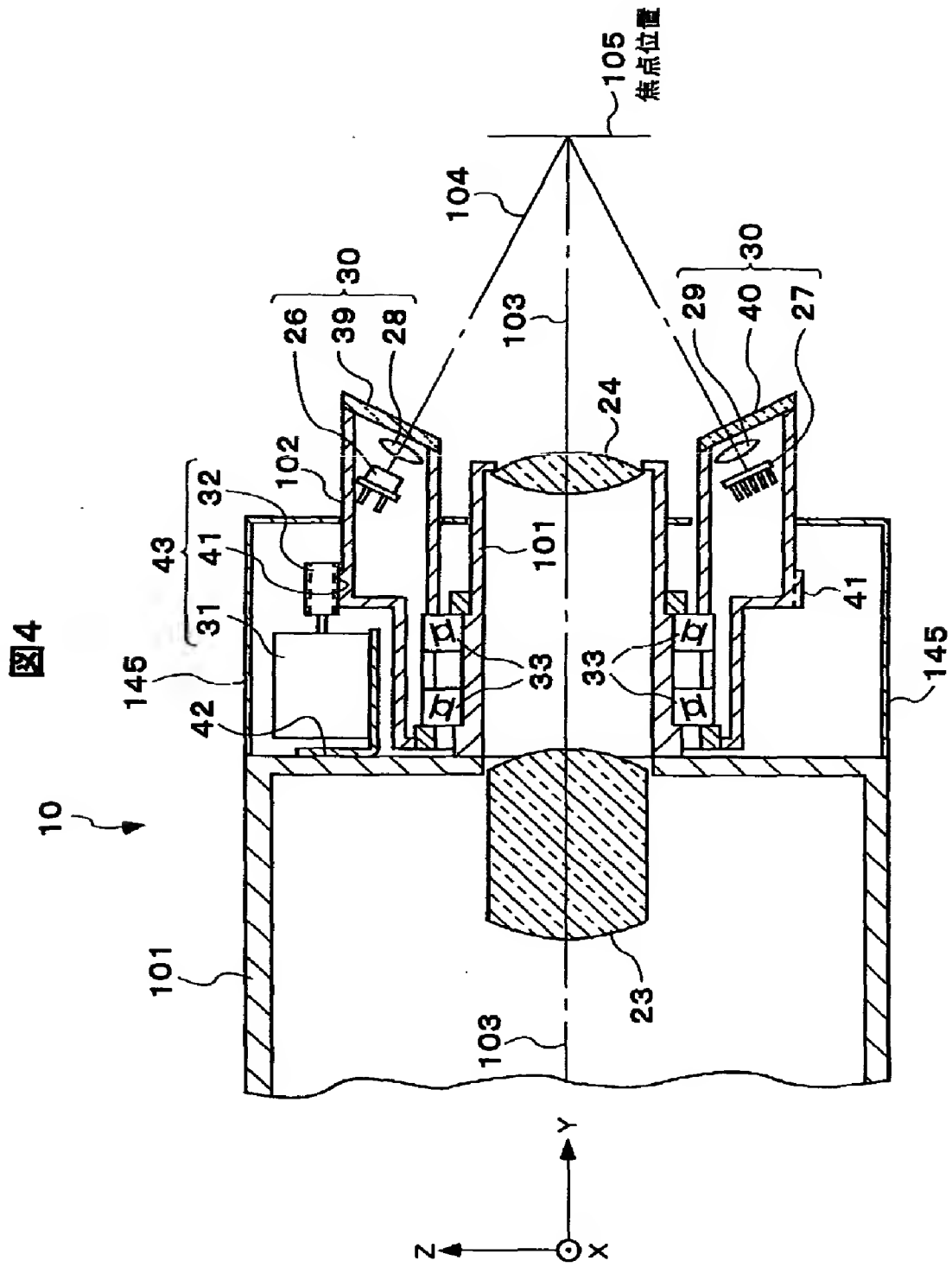
A-A' 断面図



【図3】

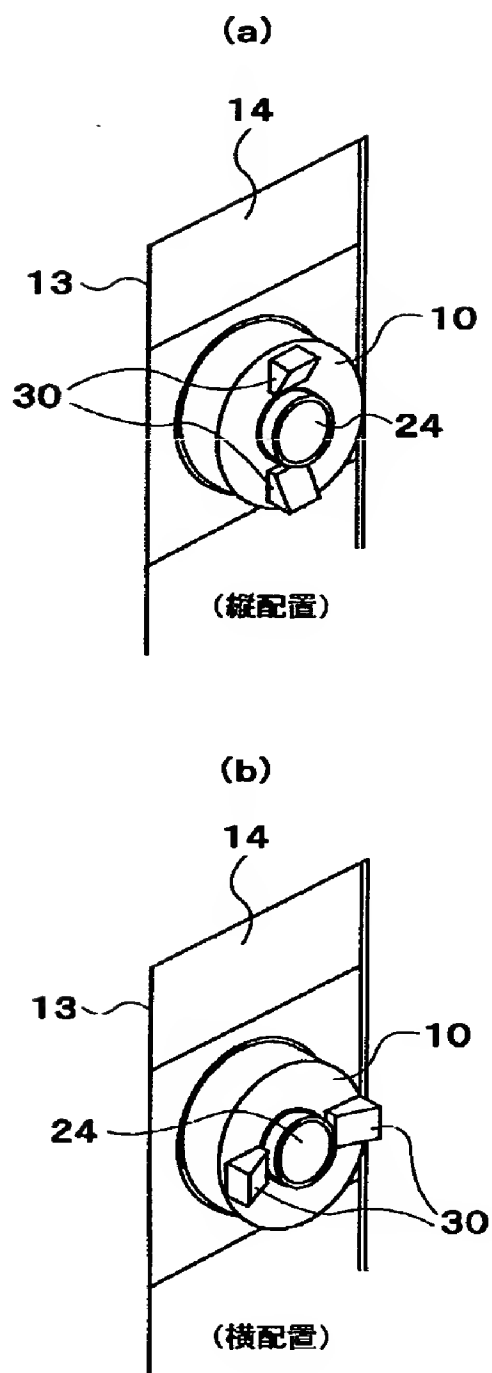


【图4】



【図 5】

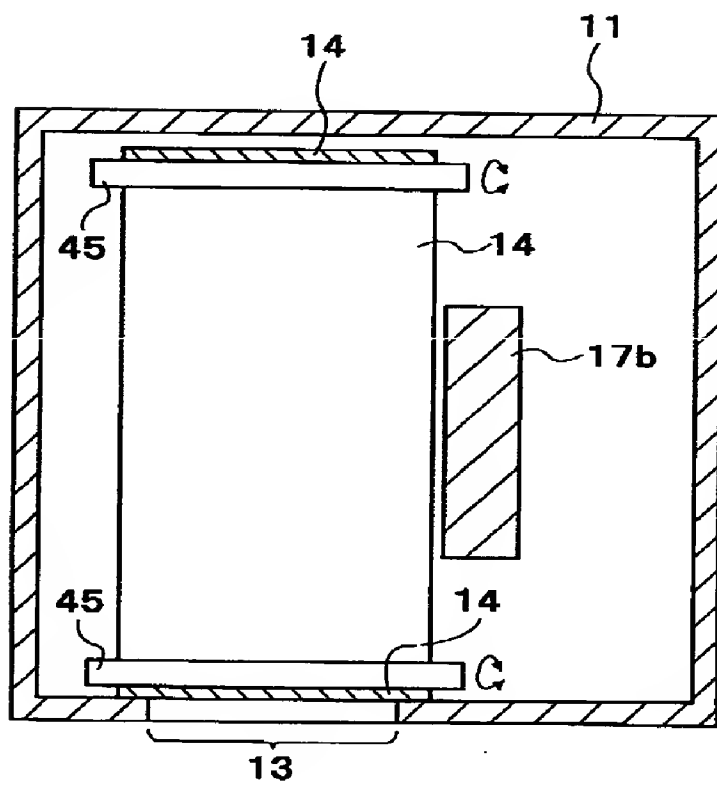
図5



【図 6】

図 6

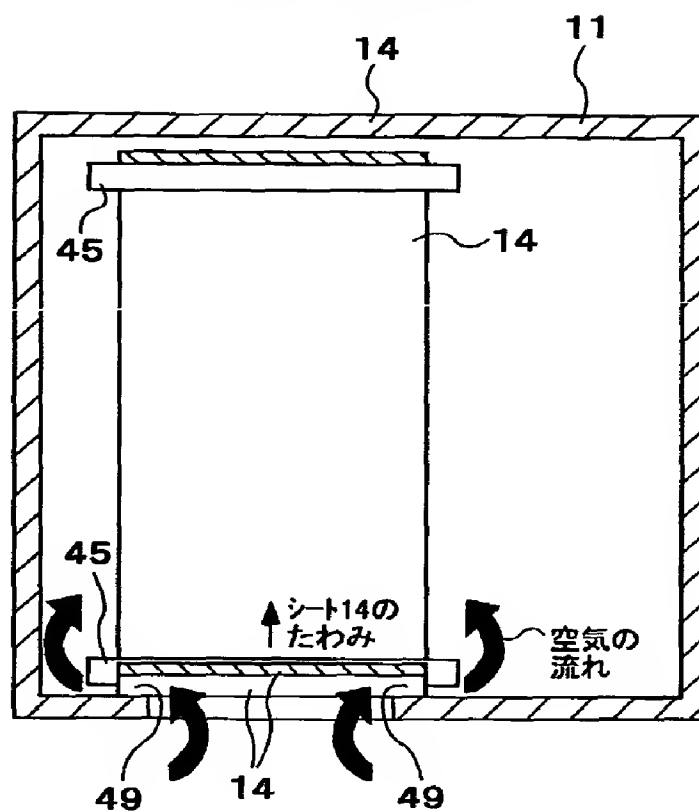
B-B' 断面図



【図7】

図7

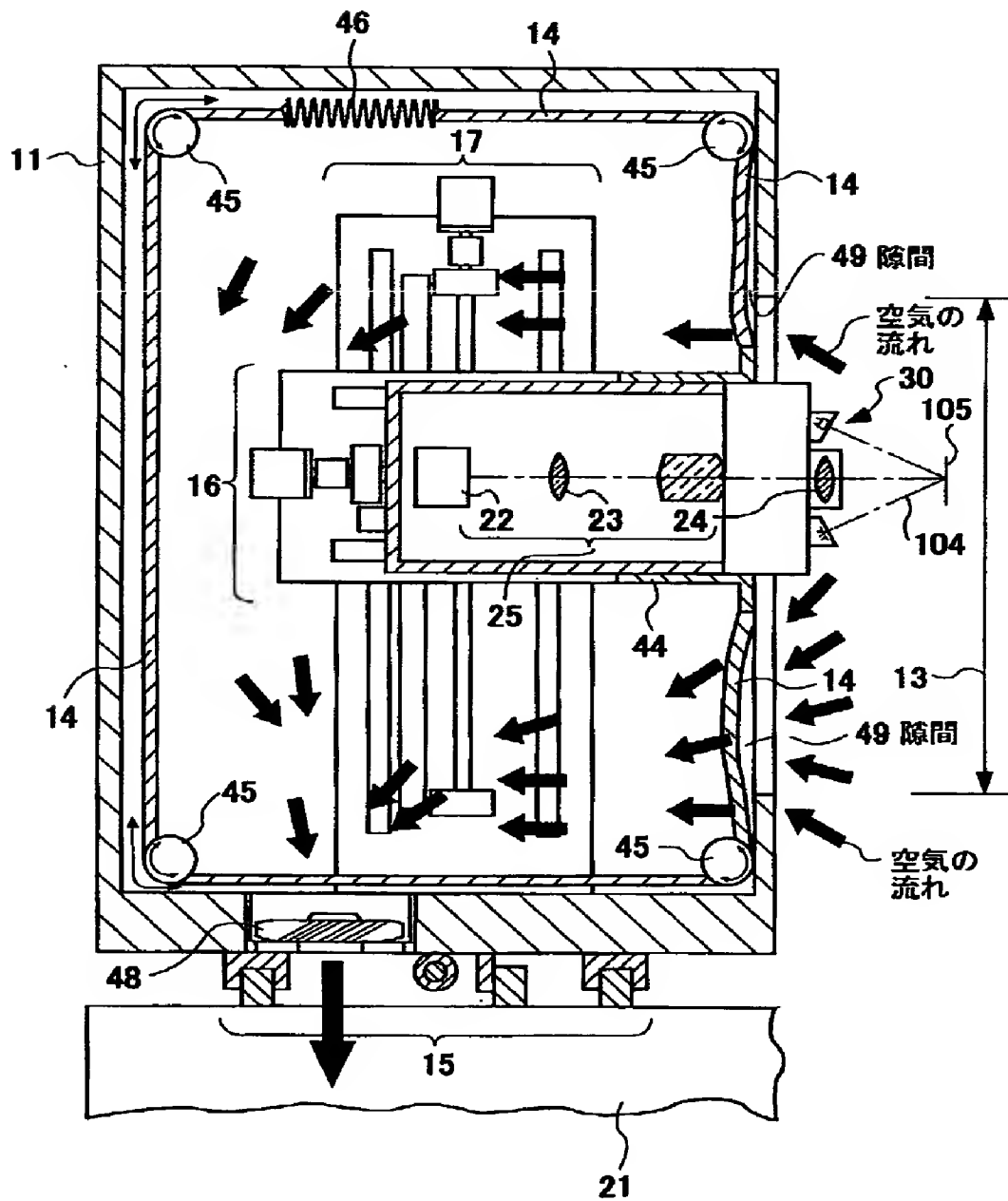
B-B' 断面図
(減圧用ファン48稼働時)



【図8】

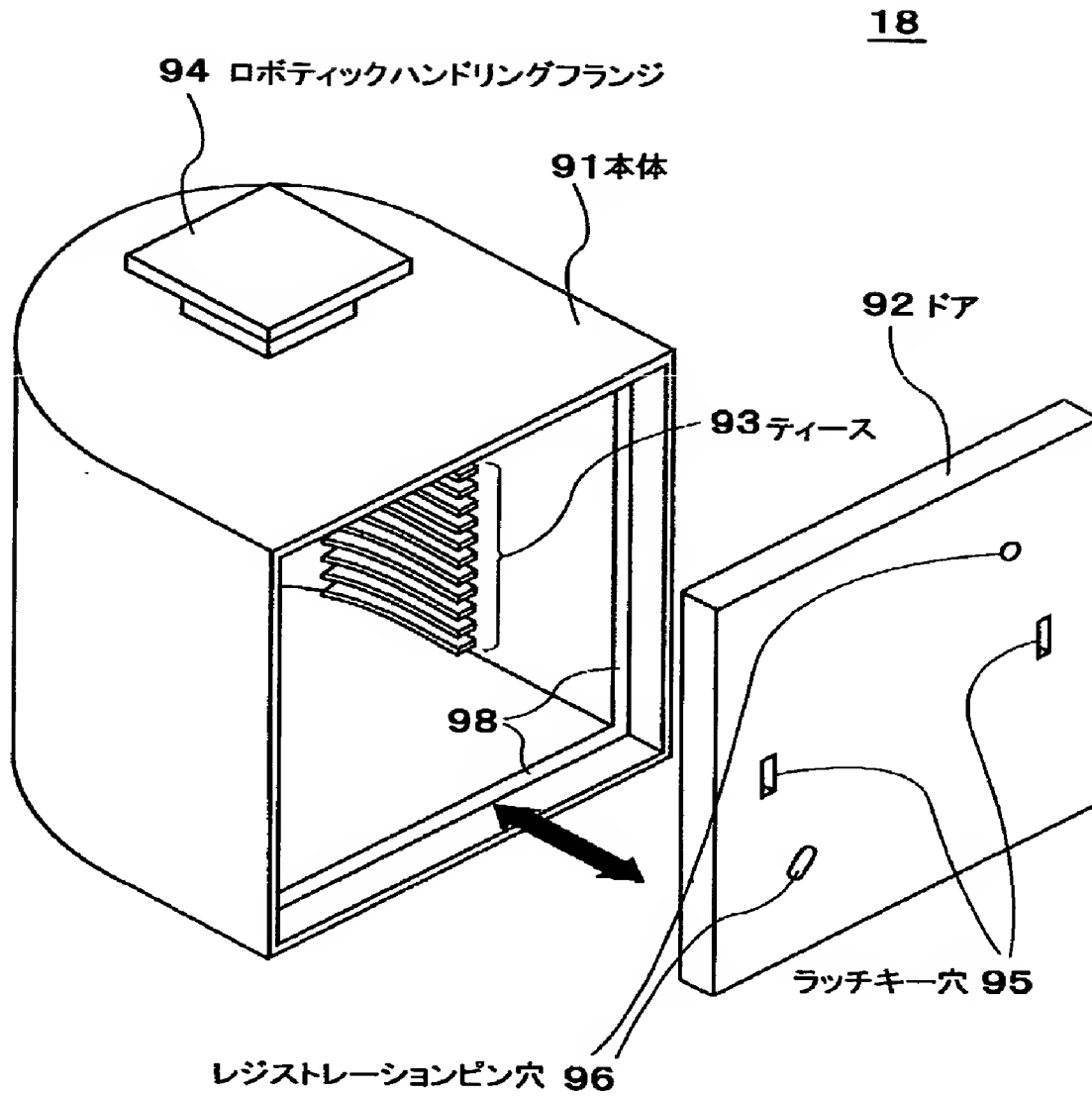
図8

A-A' 断面図
(減圧用ファン48稼働時)



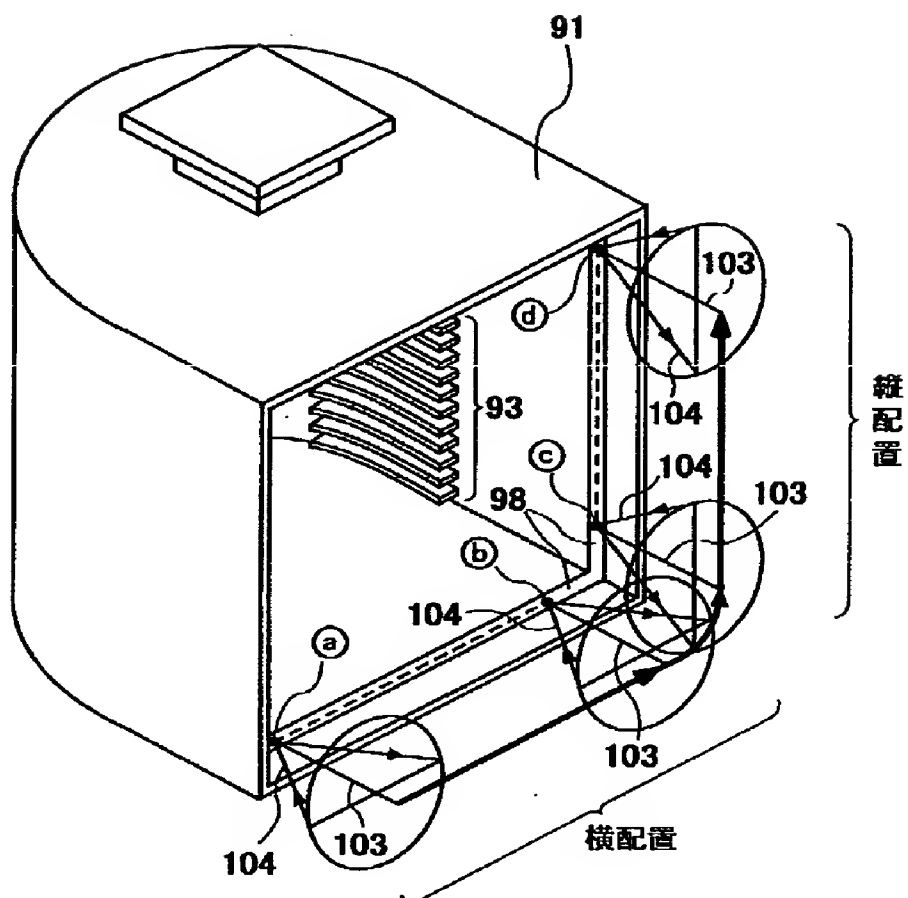
【図 9】

図 9



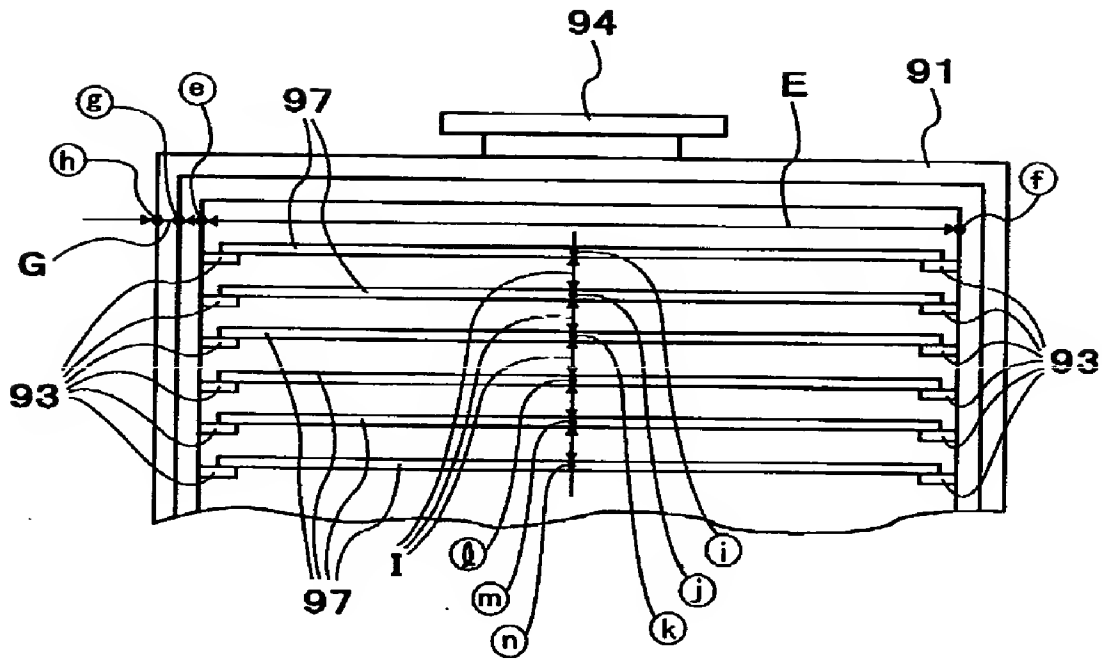
【図10】

図10



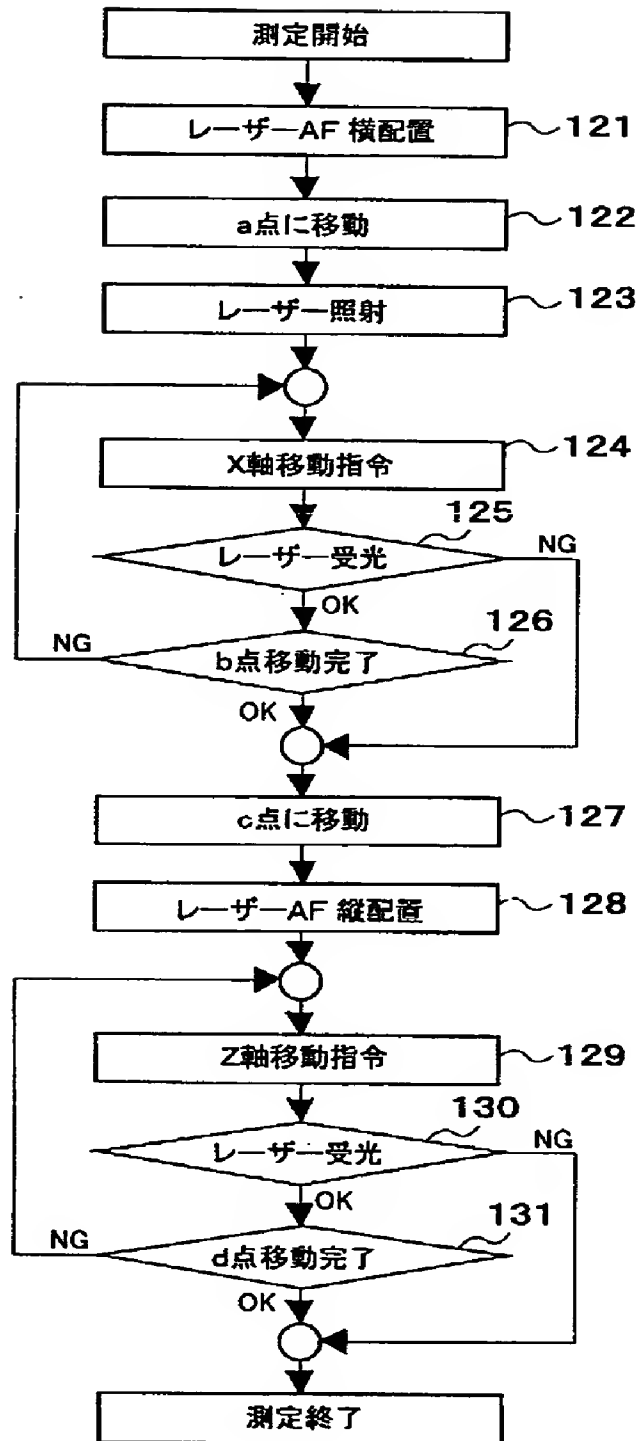
【図 1 1】

図 1 1



【図12】

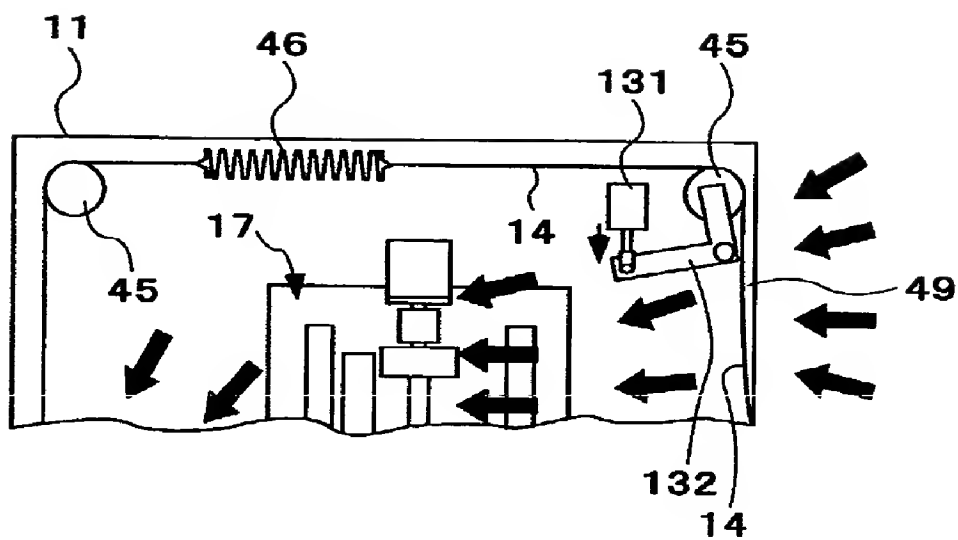
図12



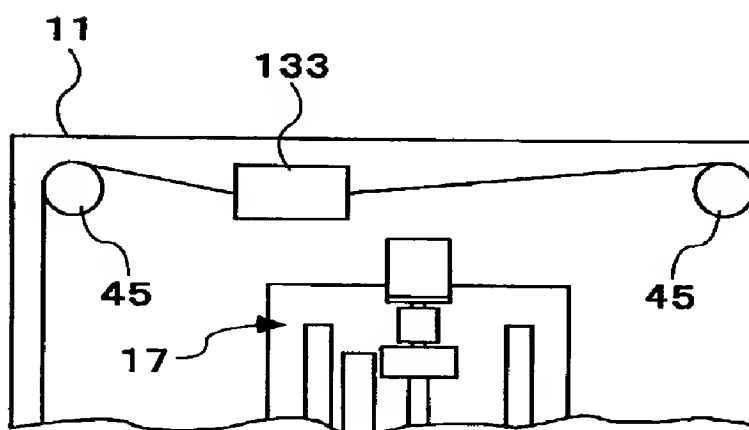
【図13】

図13

(a)

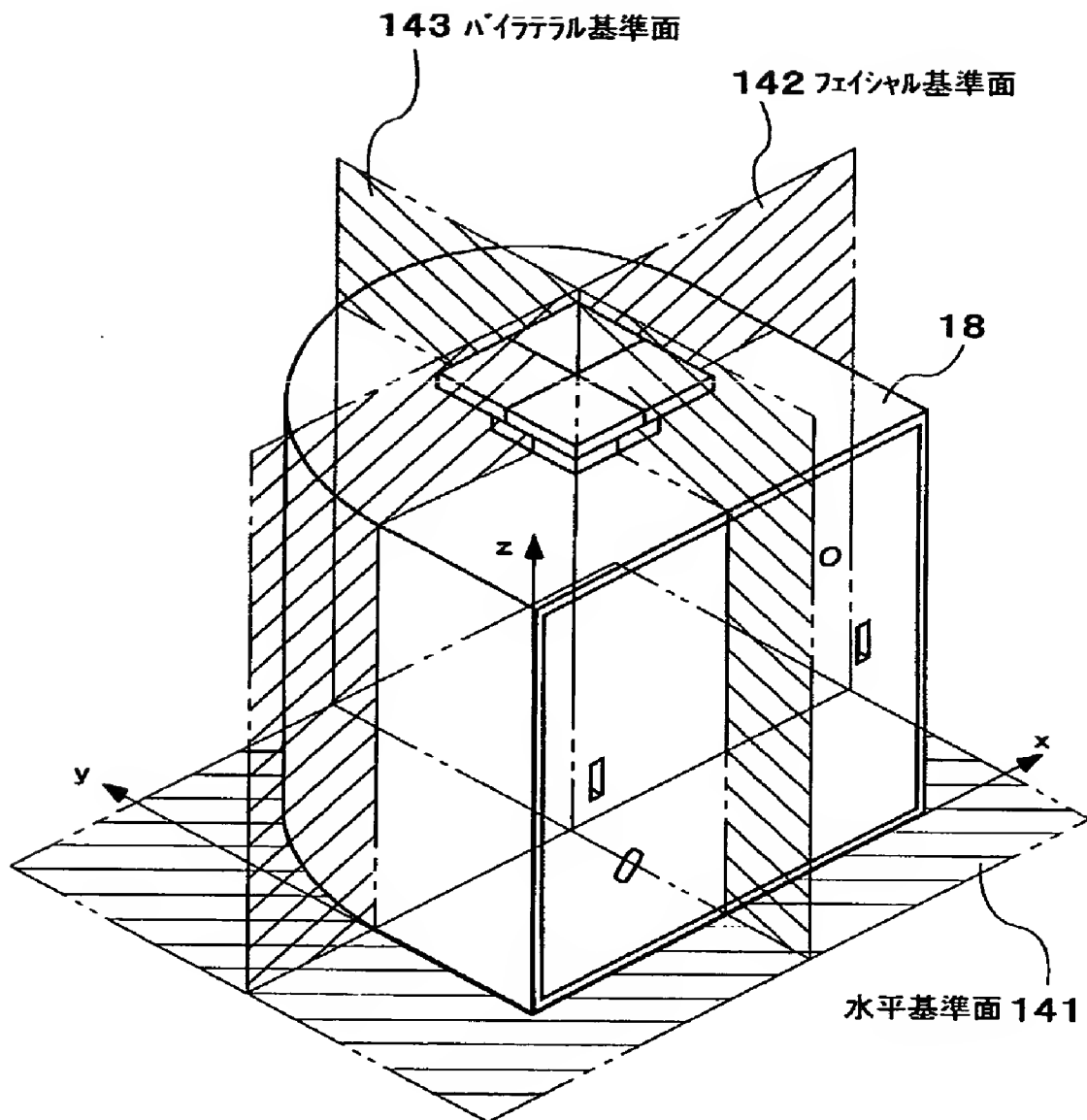


(b)



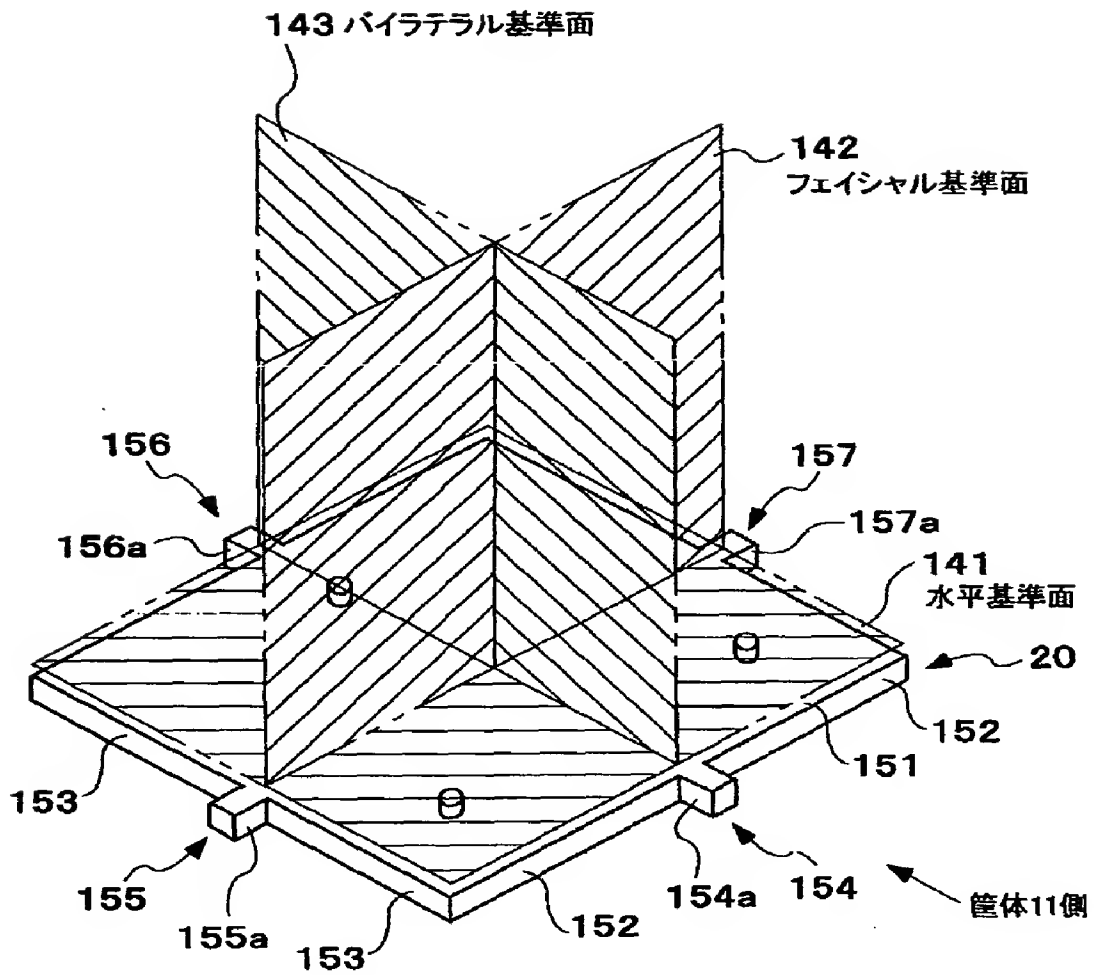
【図14】

図14



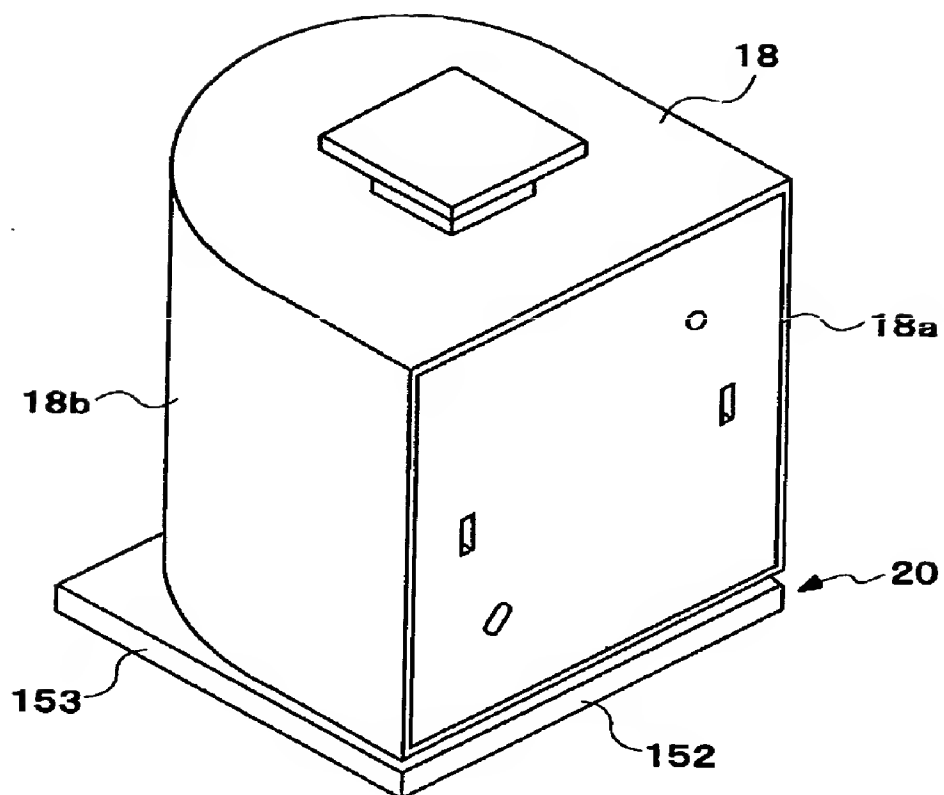
【図15】

図15



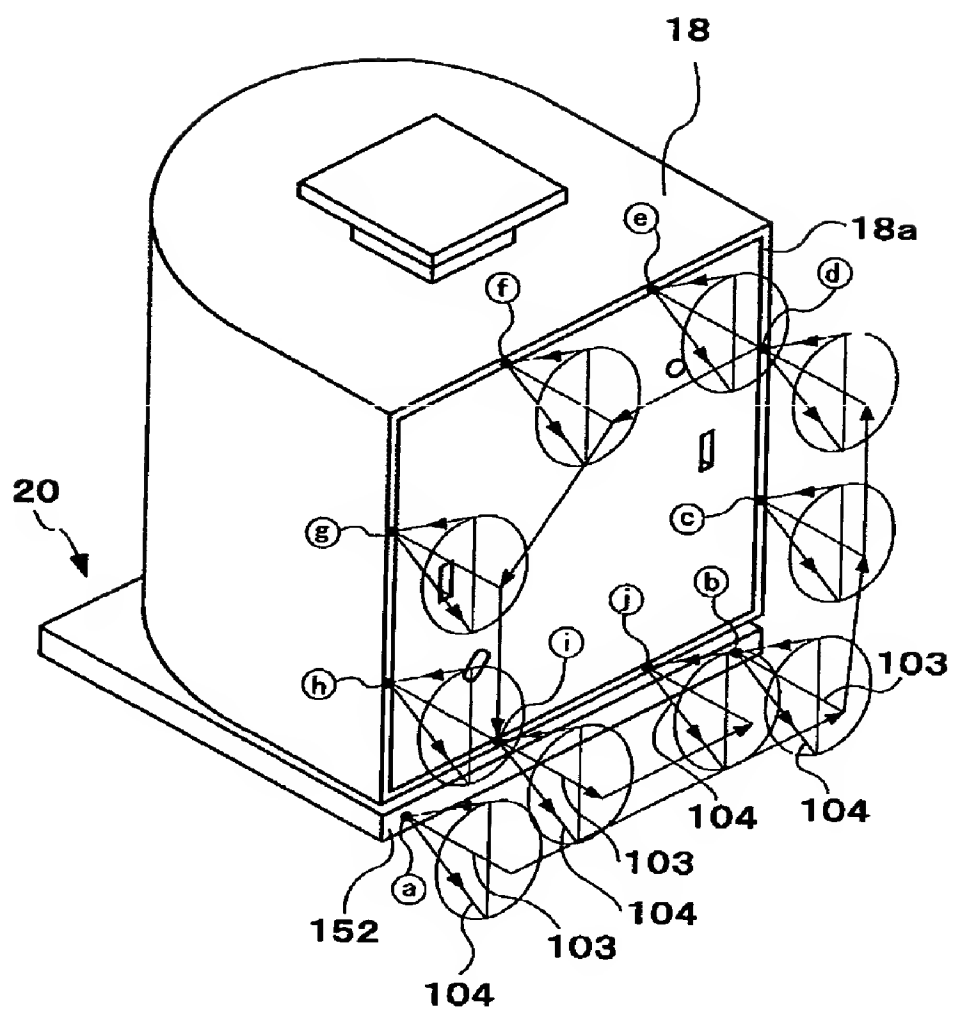
【図 1 6】

図 1 6



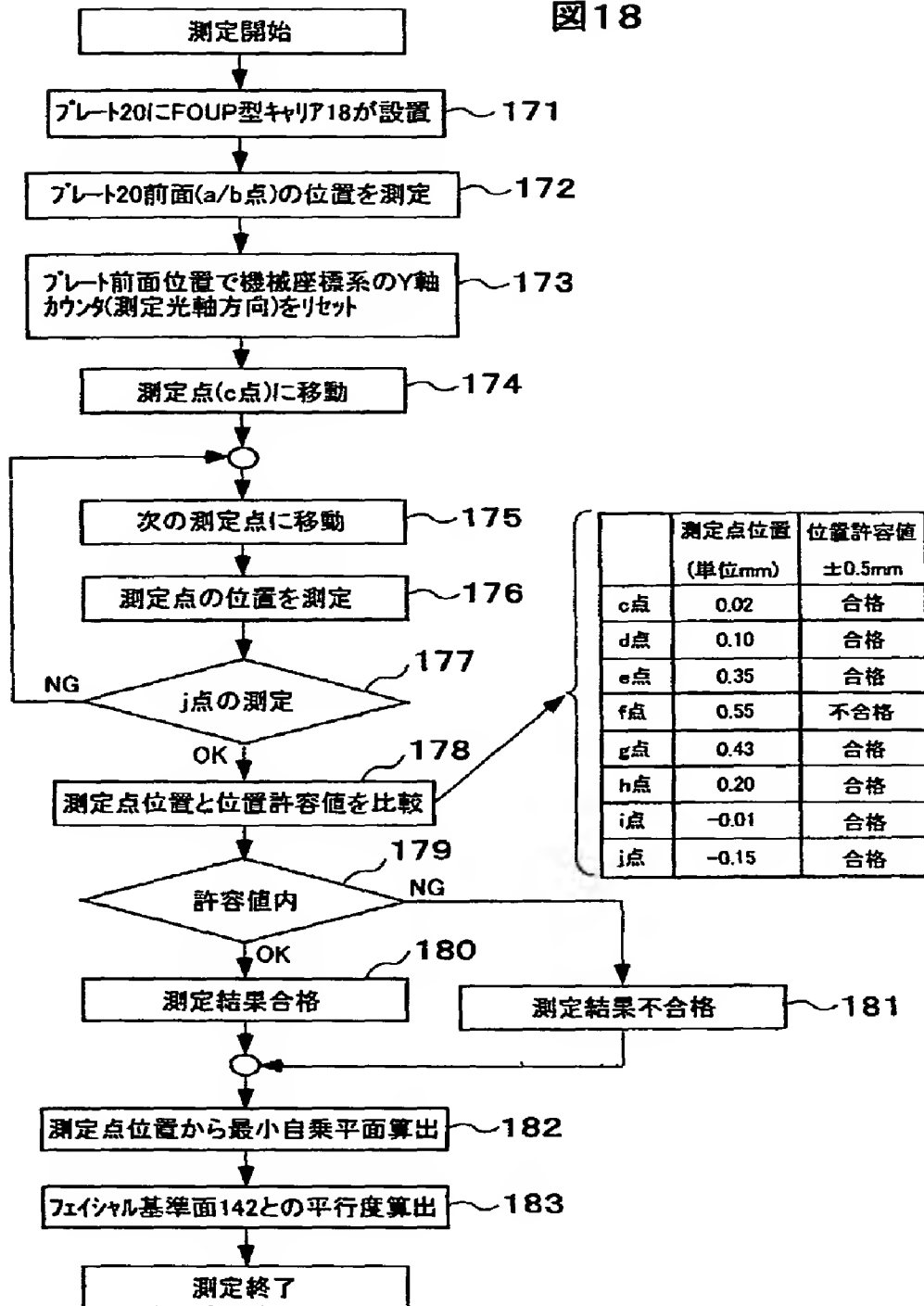
【図17】

図17



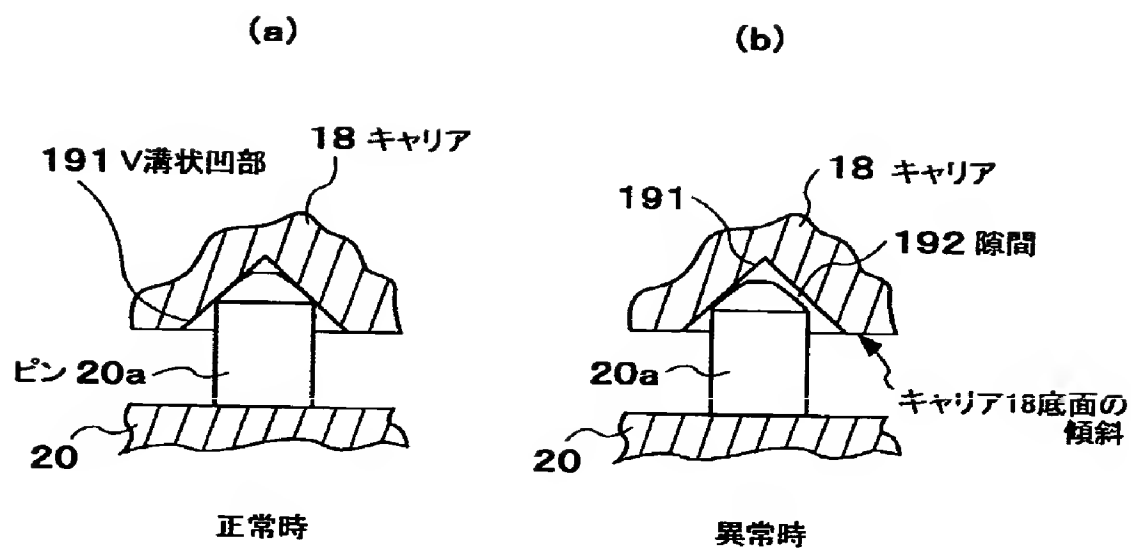
【図 1 8】

図 18

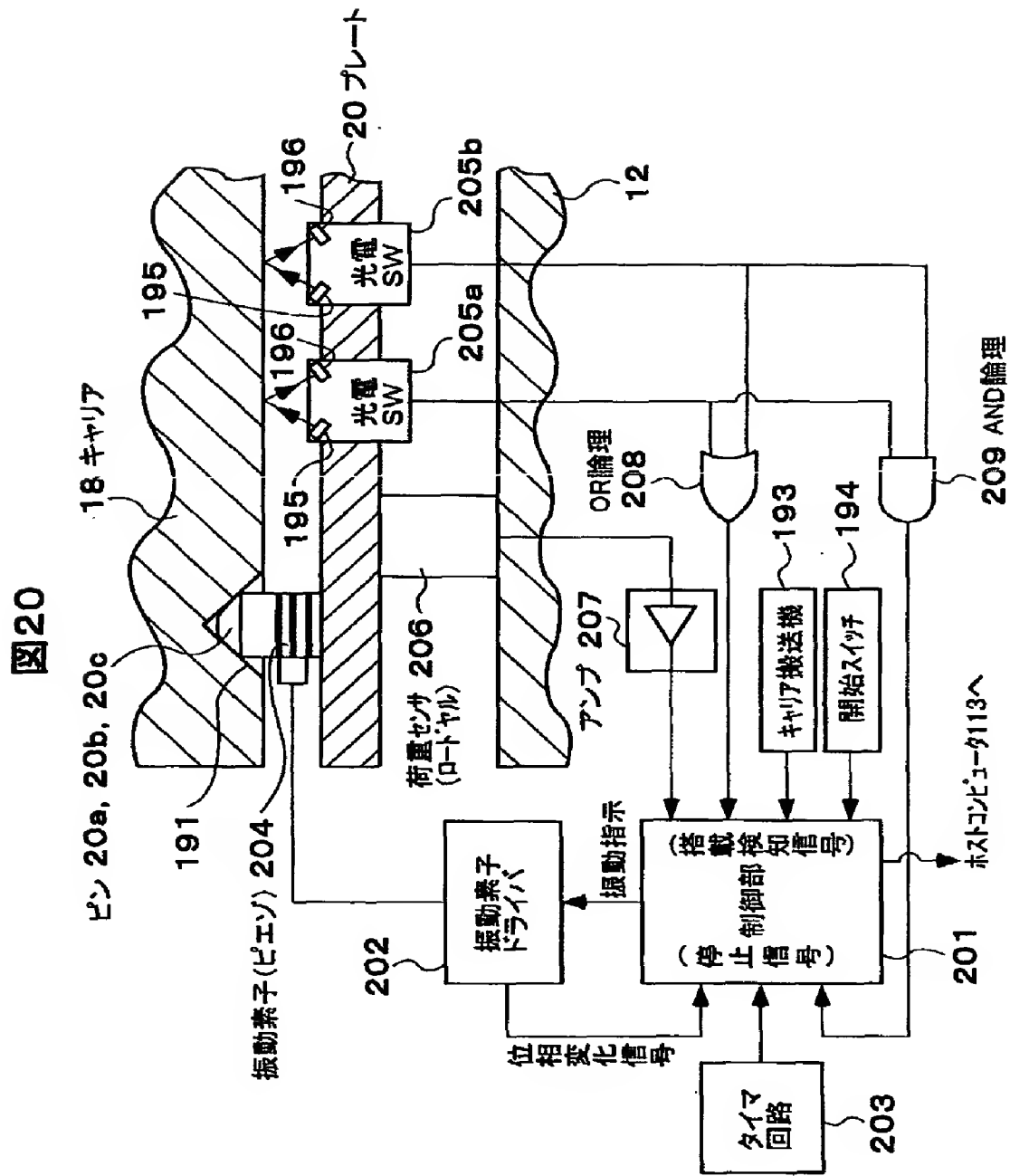


【図 1 9】

図 19

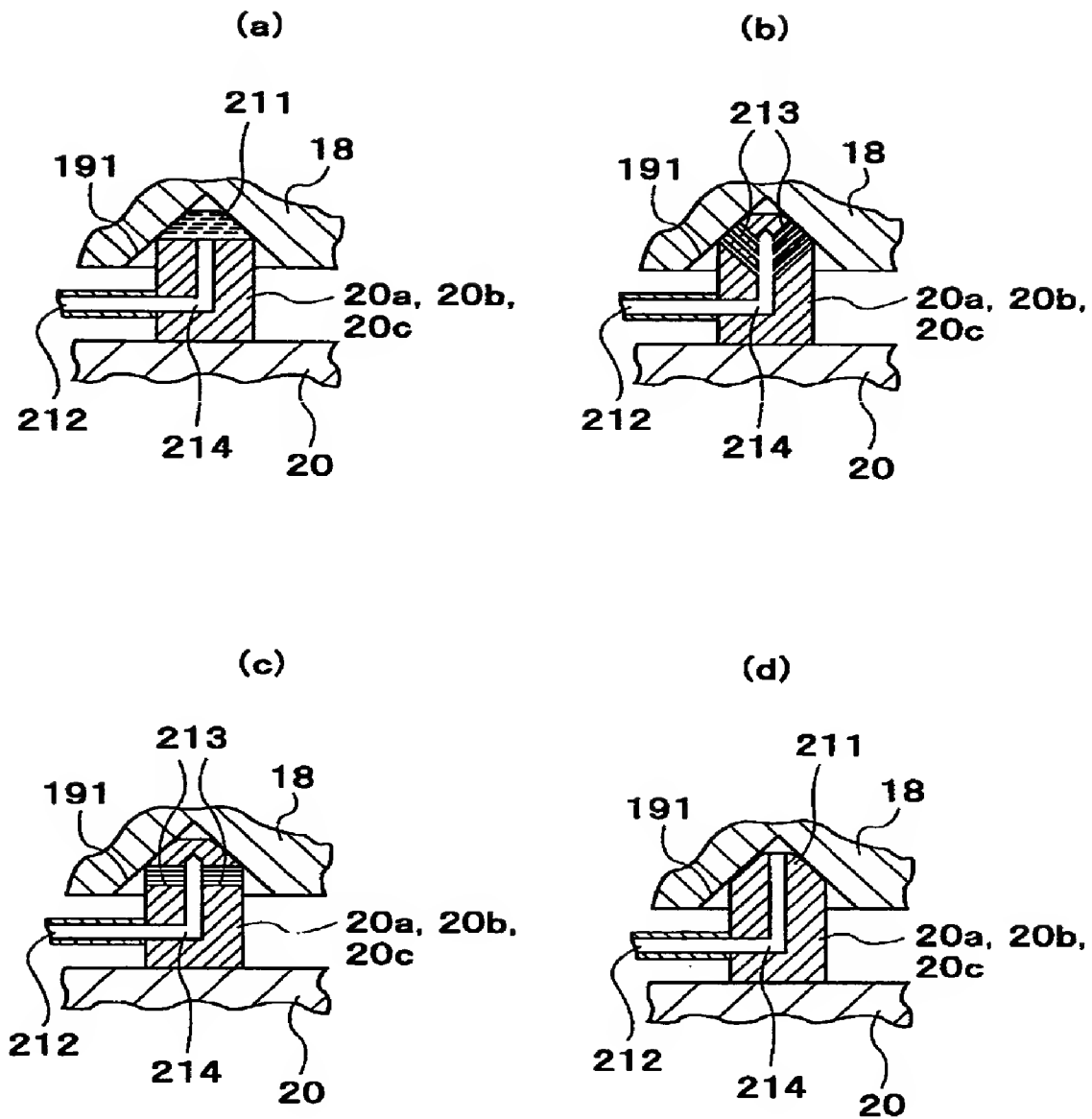


【図20】

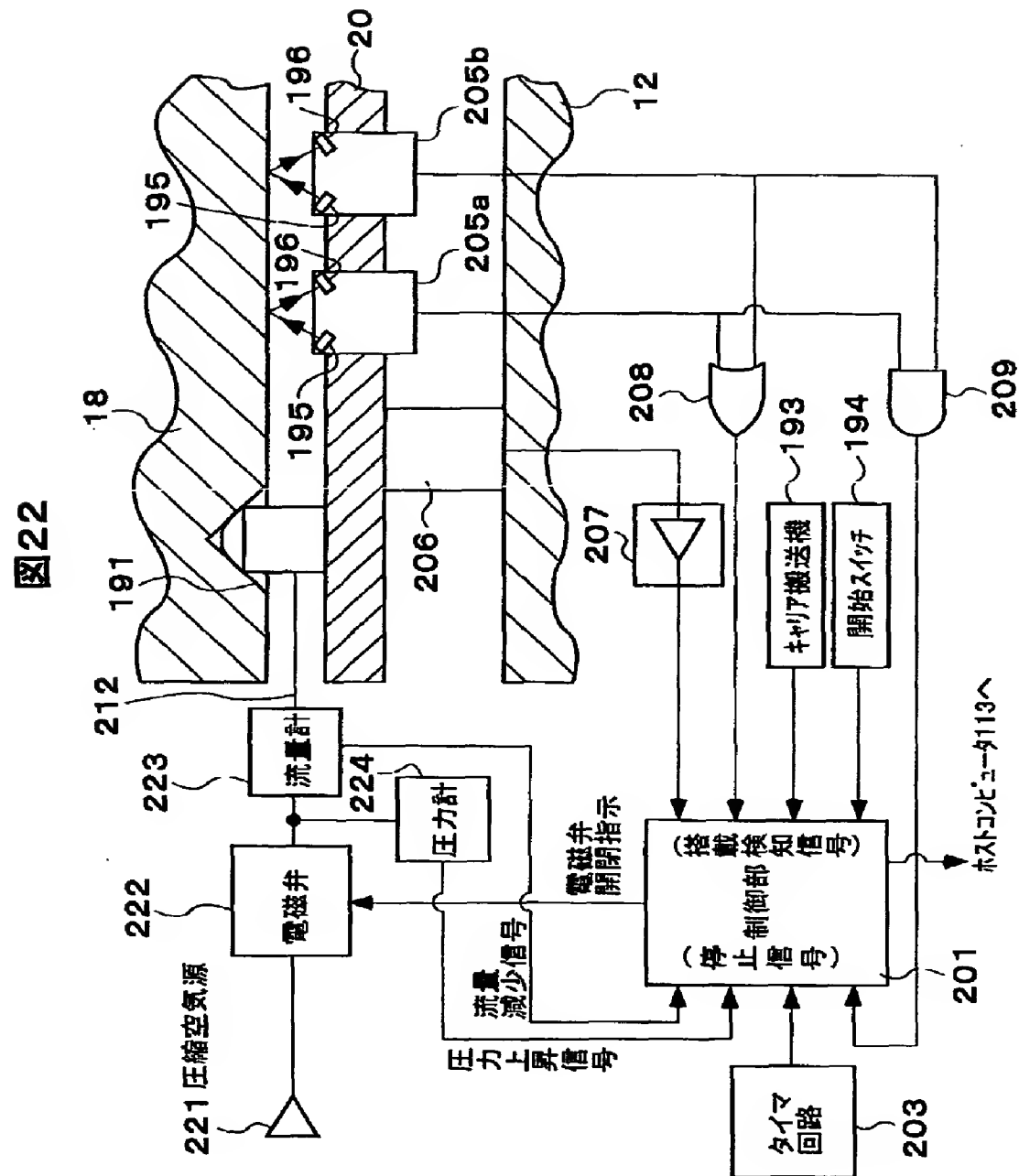


【図 2 1】

図 21

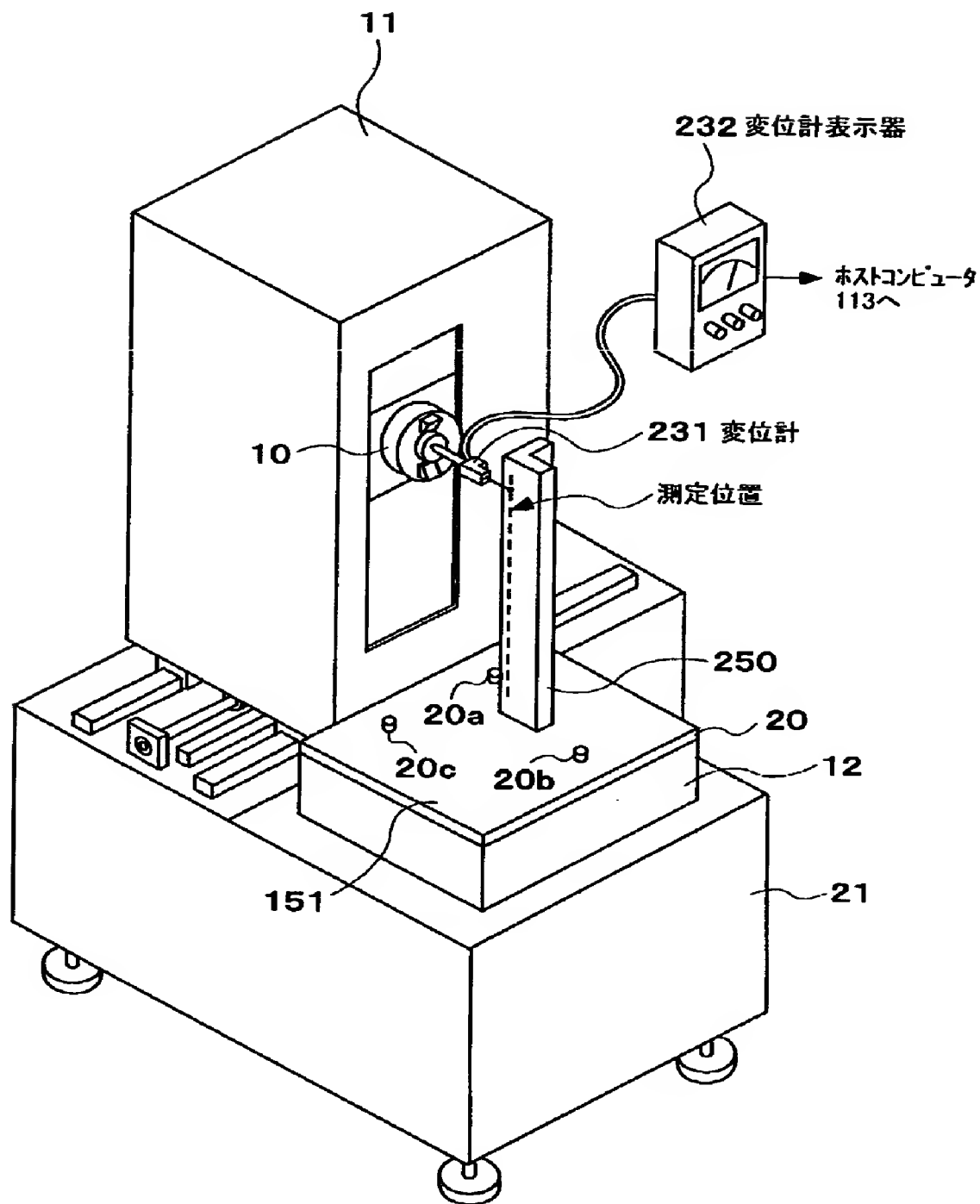


【圖 2 2】



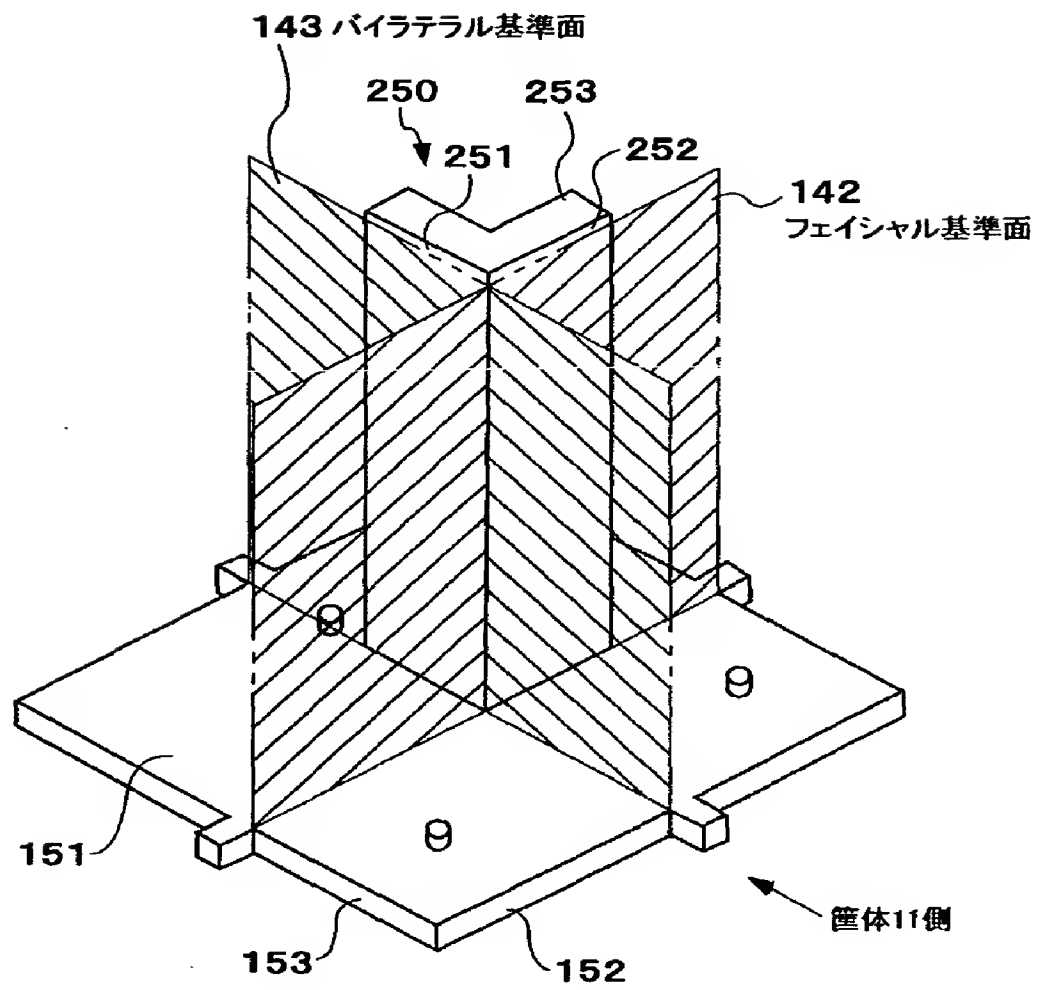
【図23】

図23



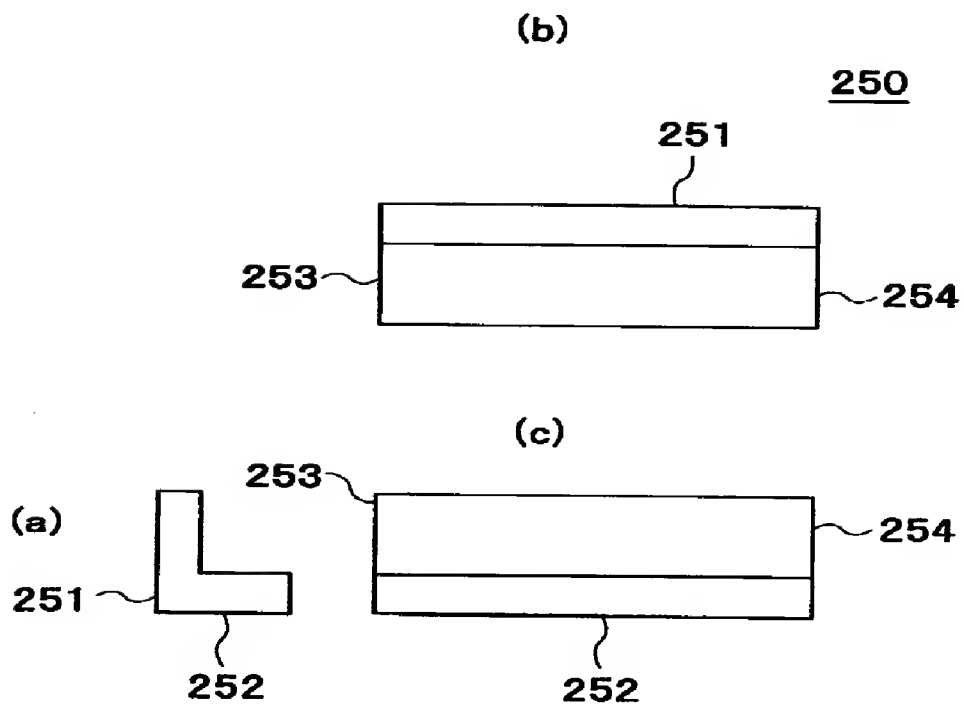
【図24】

図24

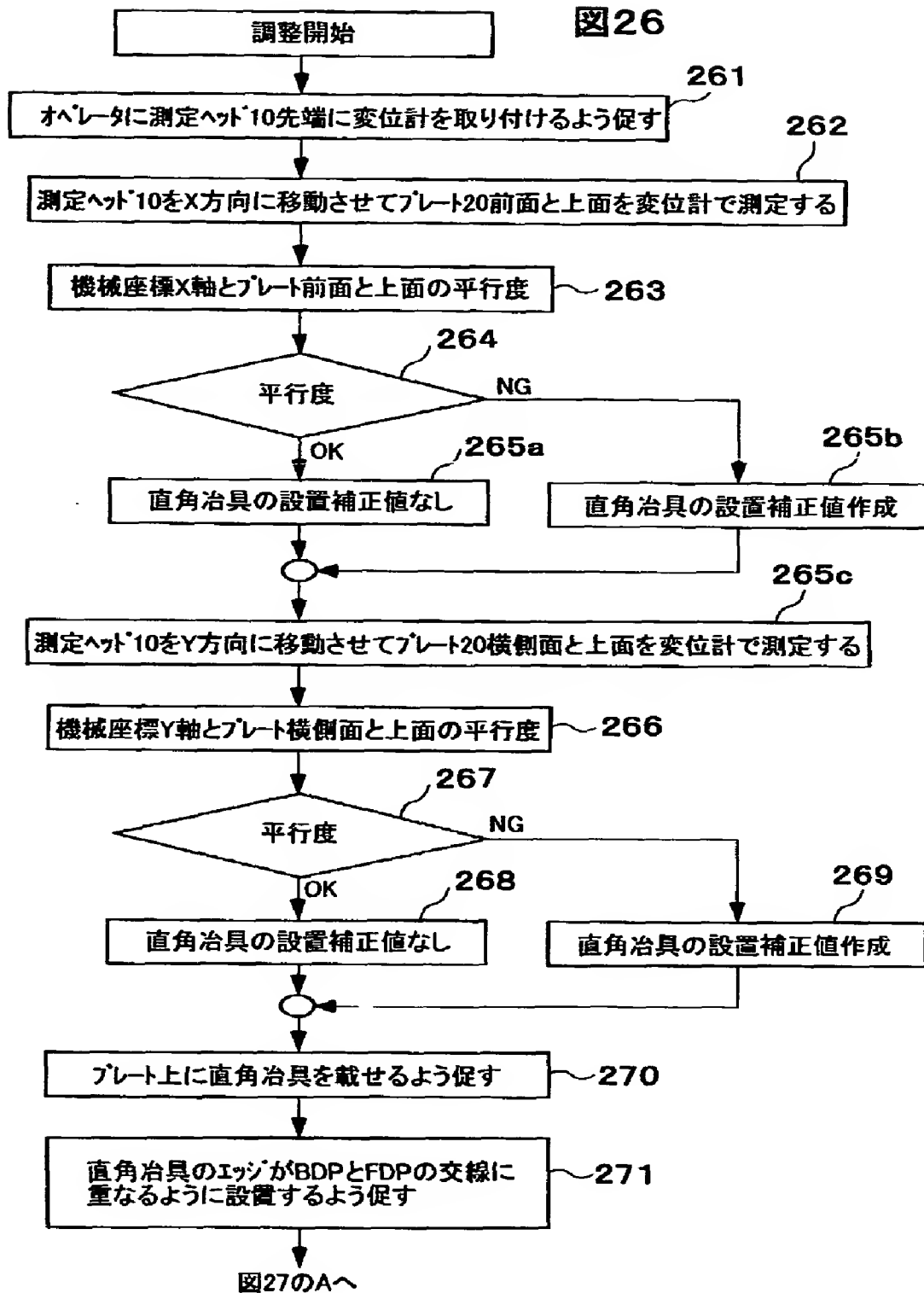


【図 2 5】

図 25

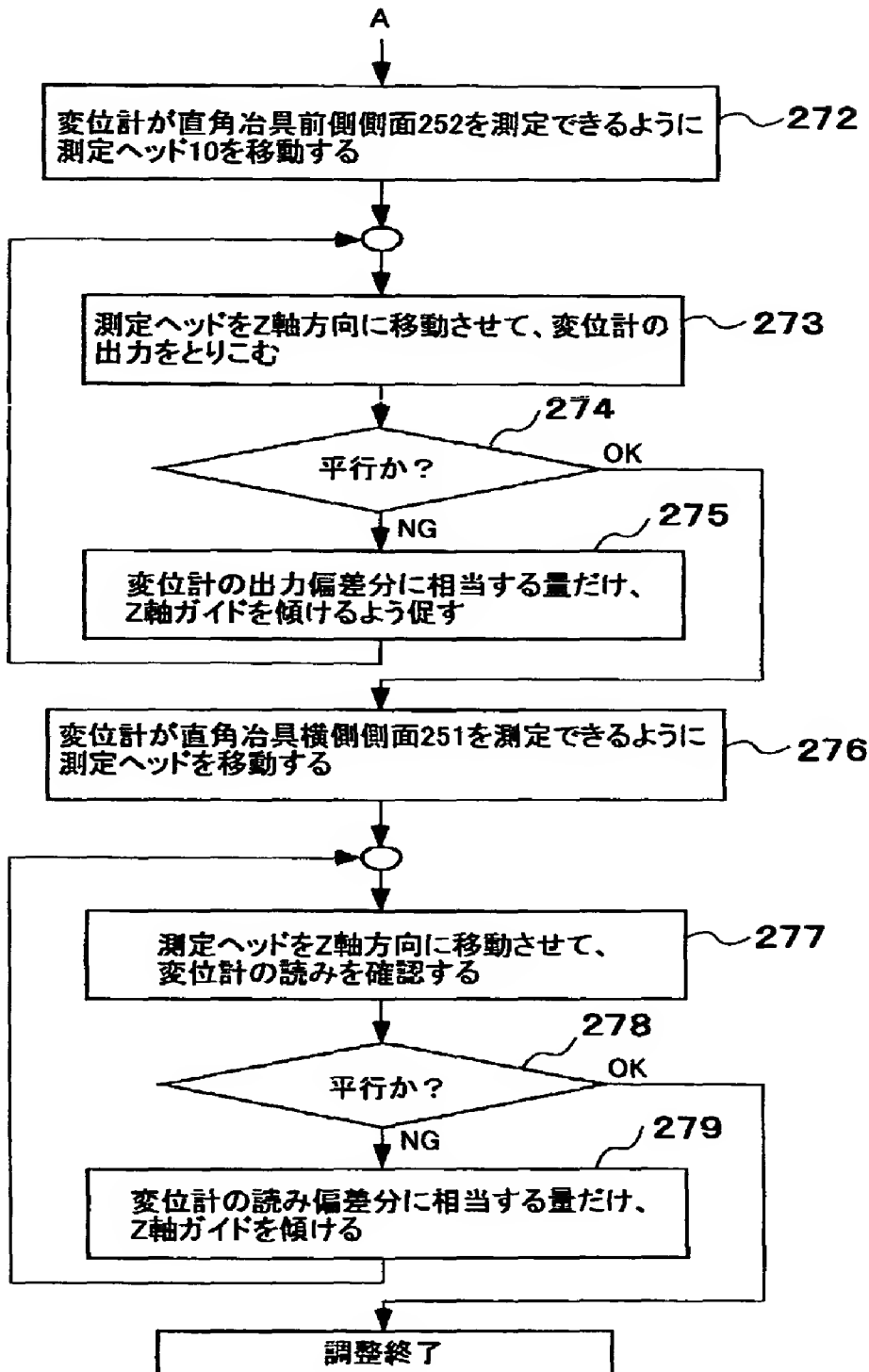


【図26】



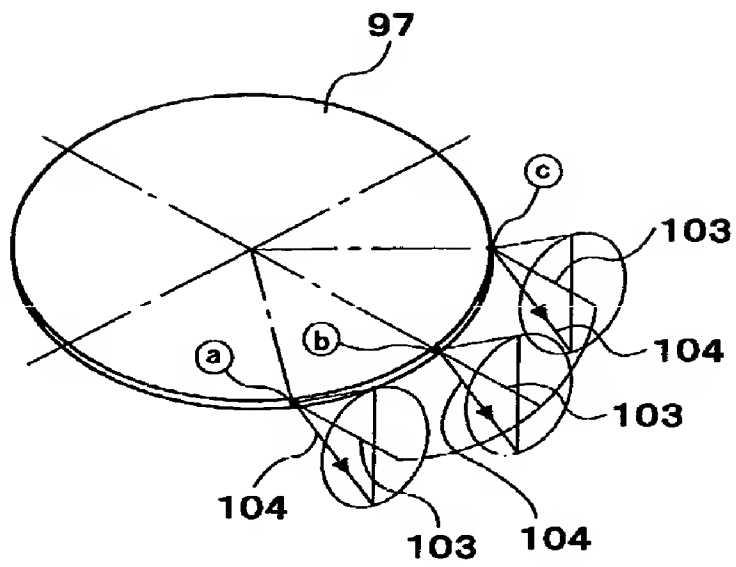
【図 27】

図27



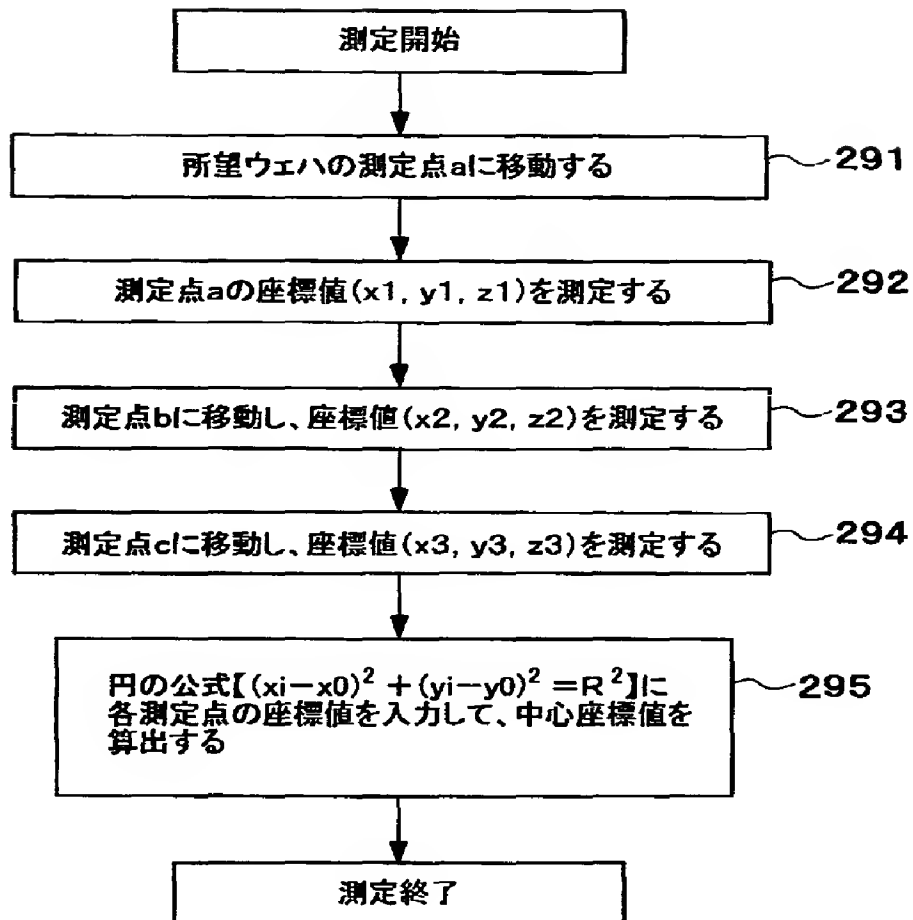
【図 2 8】

図 28



【図 29】

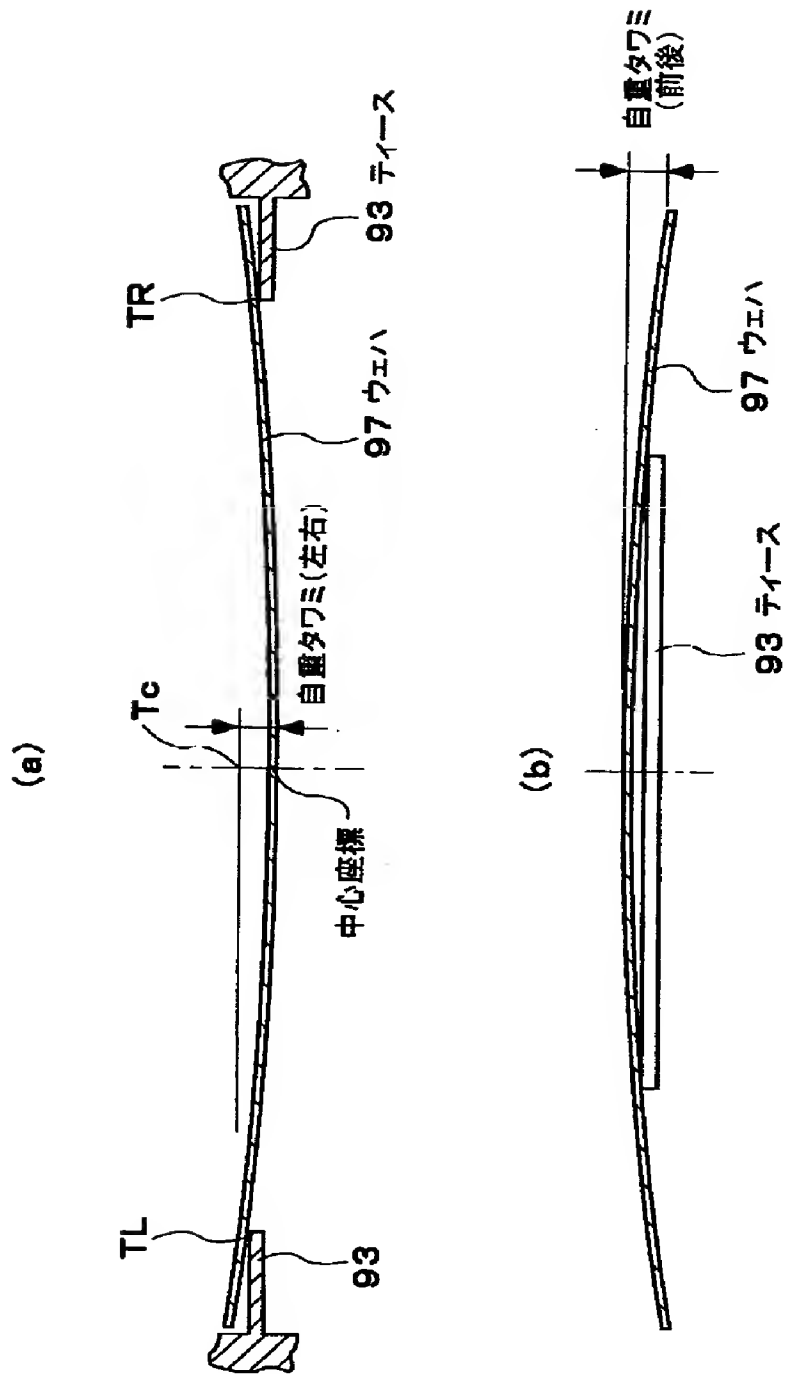
図29



【図 3 0】

図30

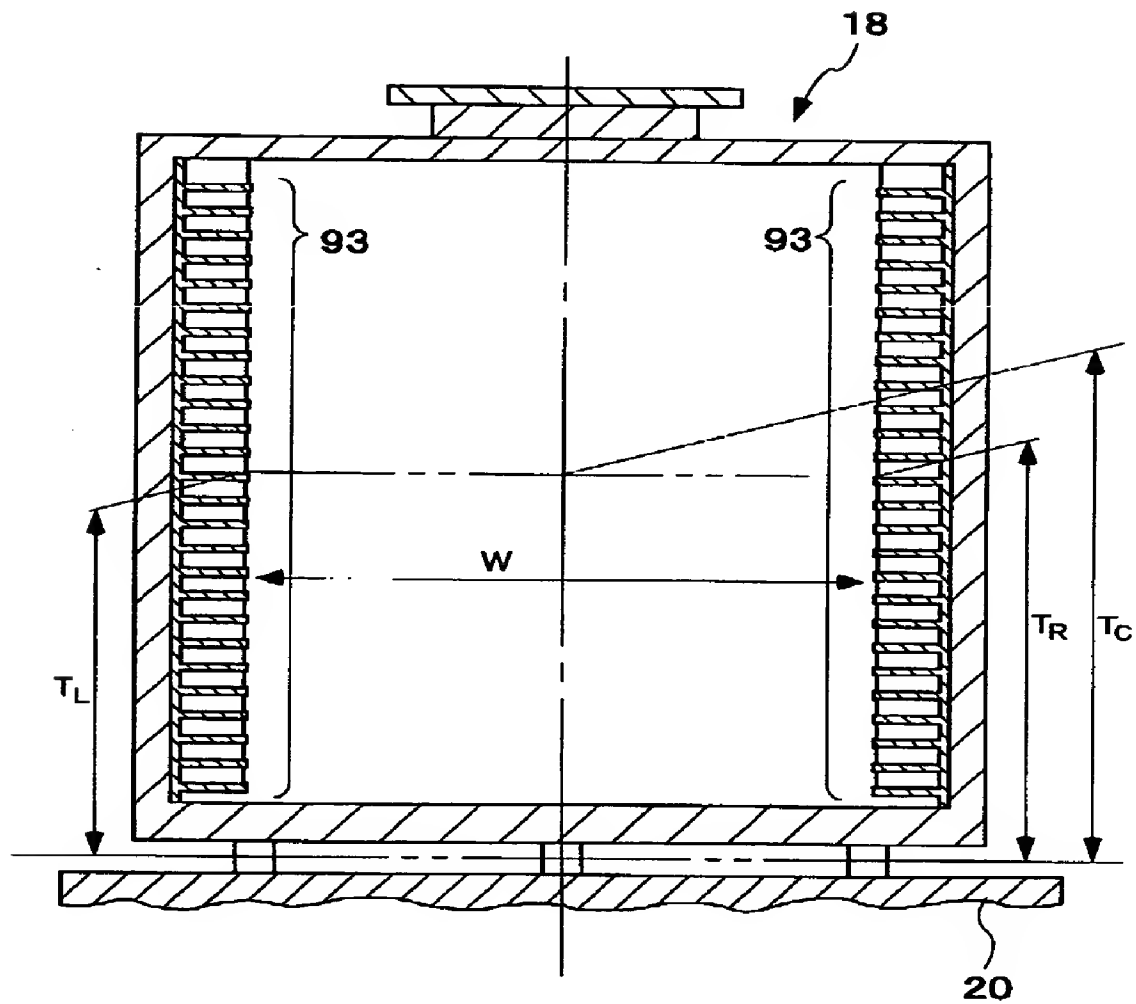
フェイスヤル基準面142におけるウエハ97の断面



【図31】

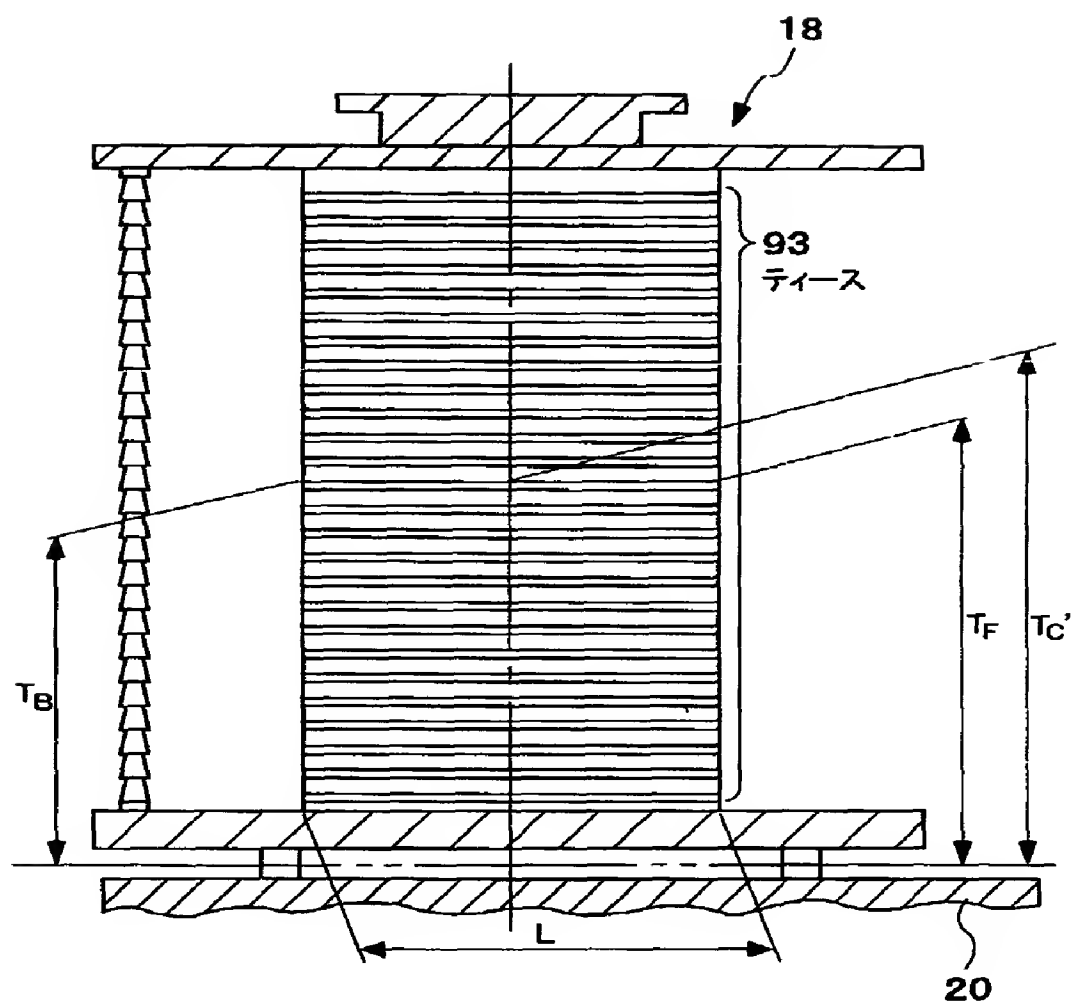
図31

フェイシャル基準面142における断面



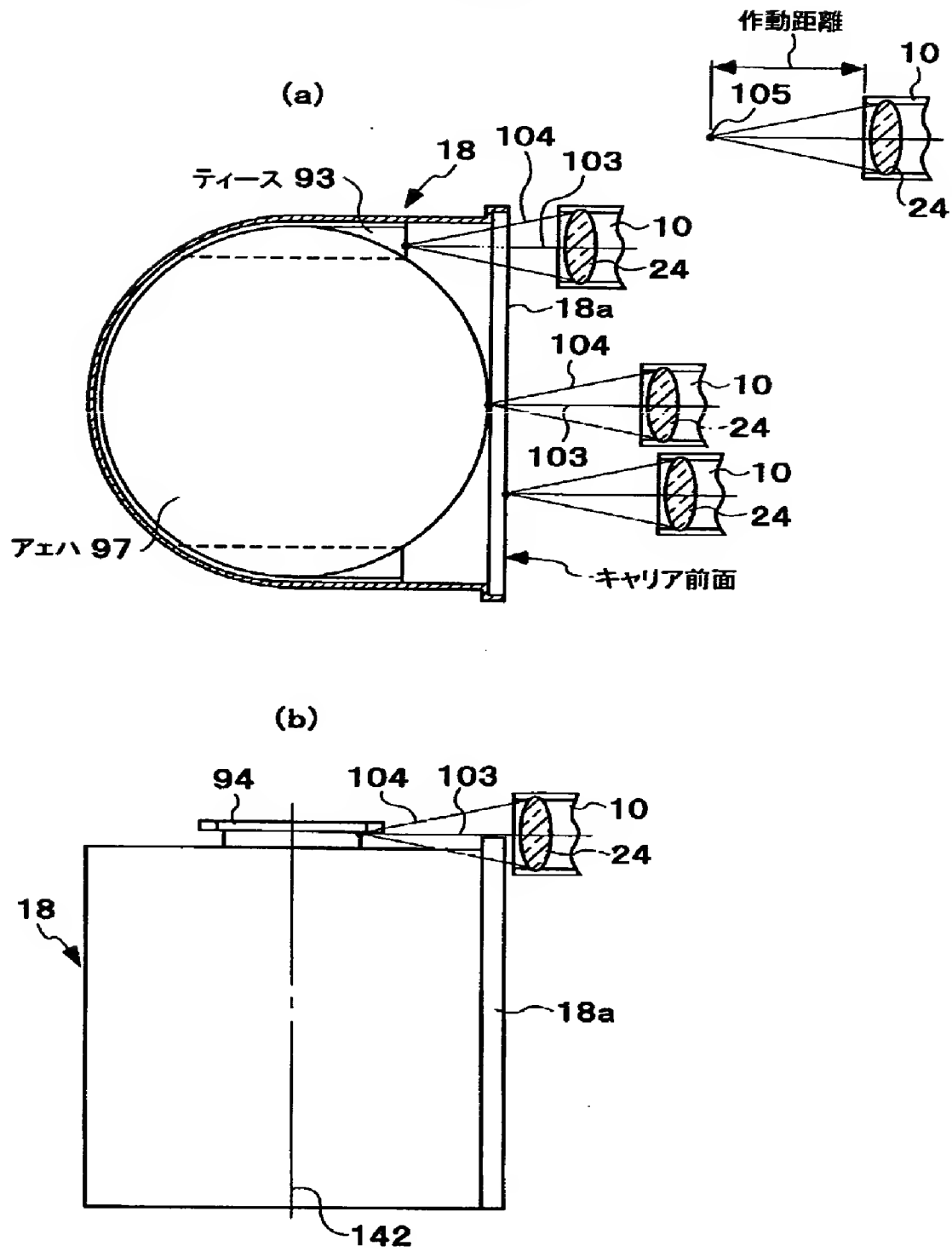
【図 3 2】

図32

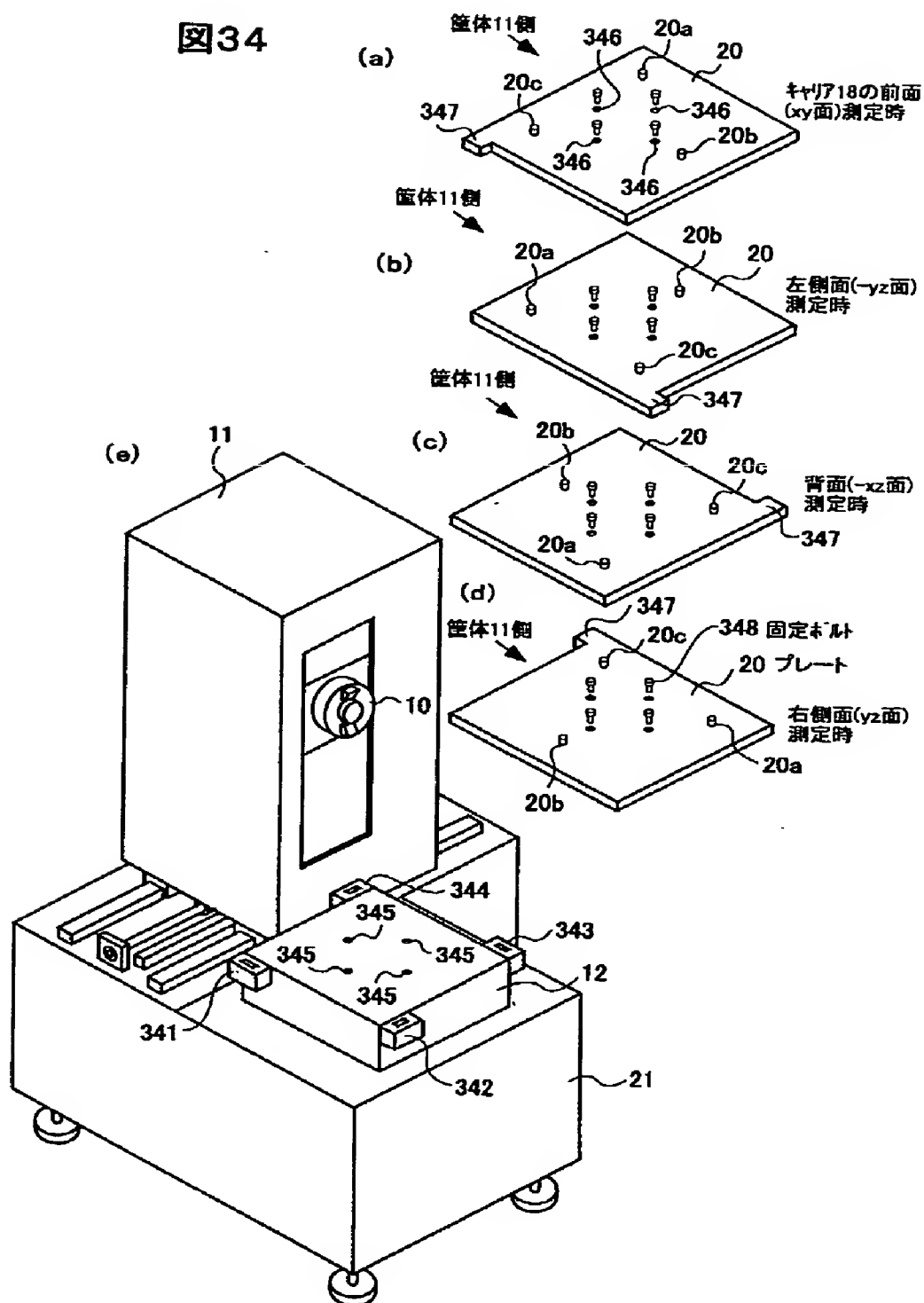


【図33】

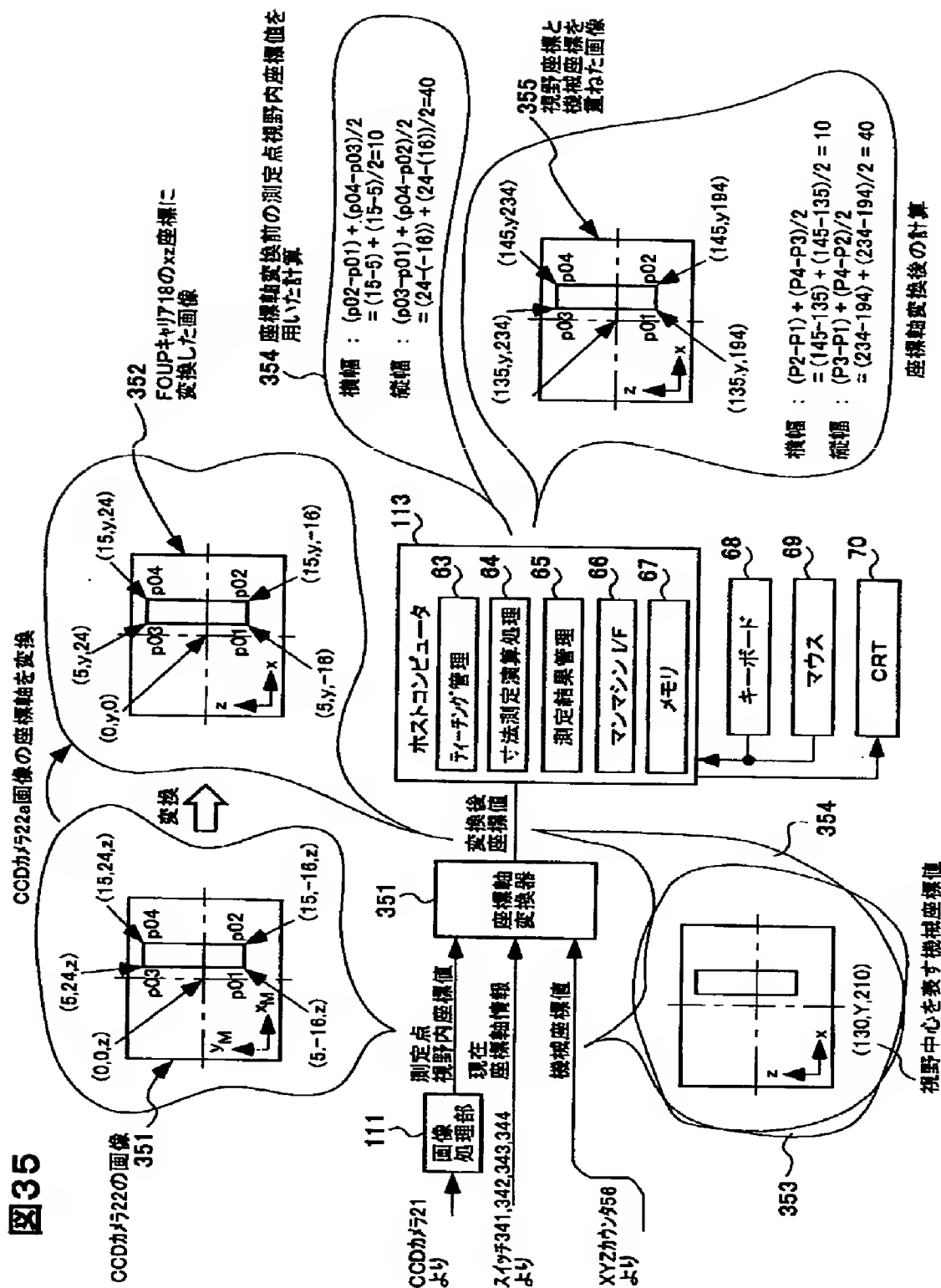
図33



【図34】



【圖 3 5】



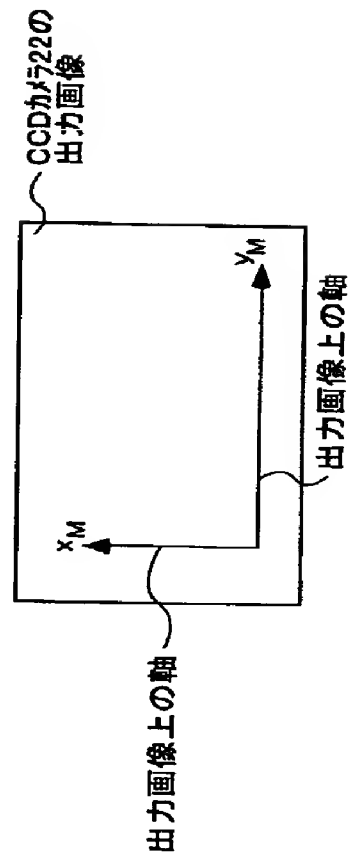
【図 36】

図36

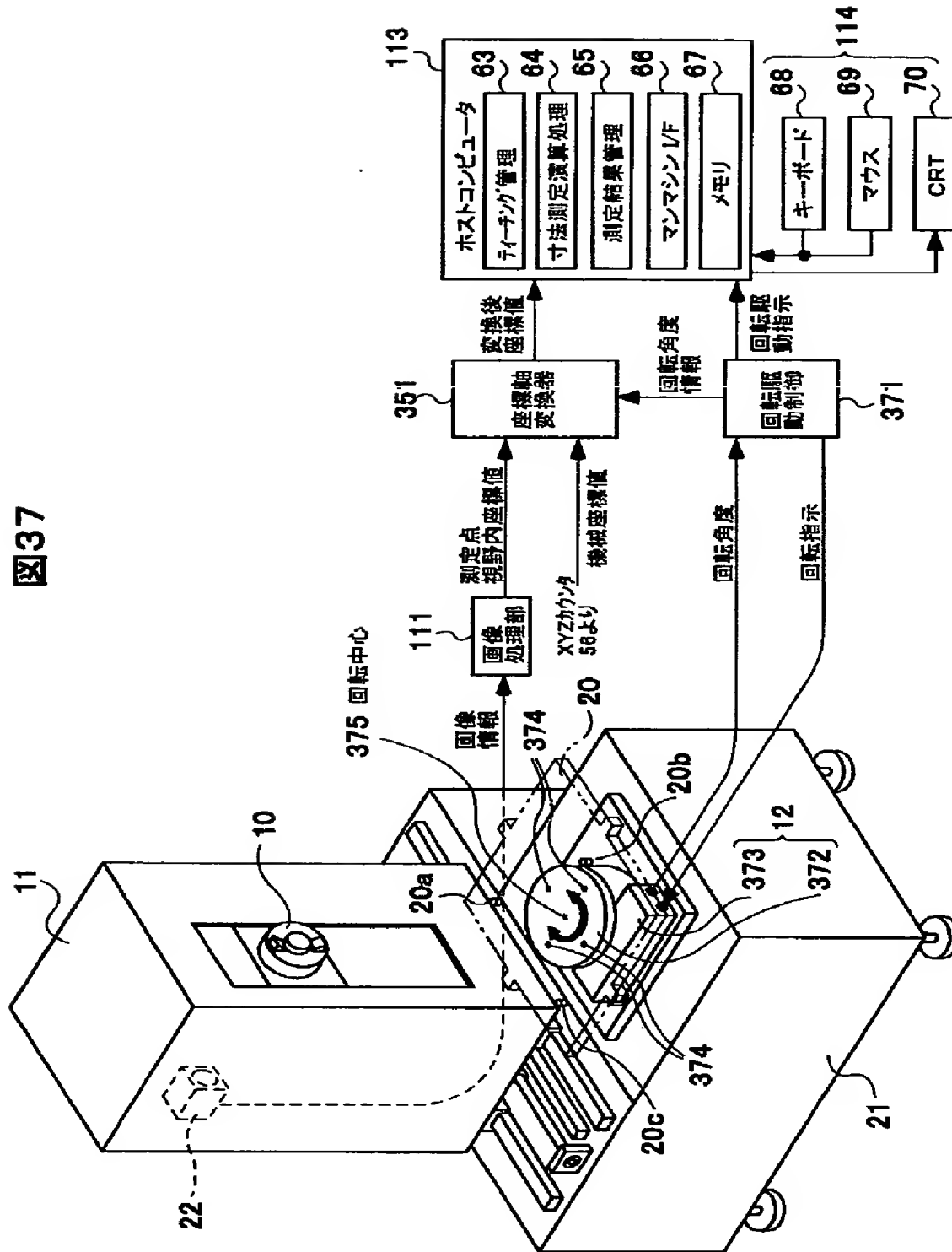
(b)

FOUP (プレート)方向	検出 SW	視野座標系			機械座標系	
		CCDカメラ22 の画像上の オリジナル座標	変換後座標 (カメラ18の撮影 されている面)	変換後の P03座標値	測定ヘッド10に 対向する面を 示すxyzカウンタ 56のオリジナル 座標	変換後座標 (カメラ18の撮影 されている面)
前面	SW 341	x_M, y_M (5, 24, z)	xz	5, y, 24	XZ	xz
左側面	SW 342		-yz	x, -5, 24		-yz
背面	SW 343		-xz	-5, y, 24		-xz
右側面	SW 344		yz	x, 5, 24		yz

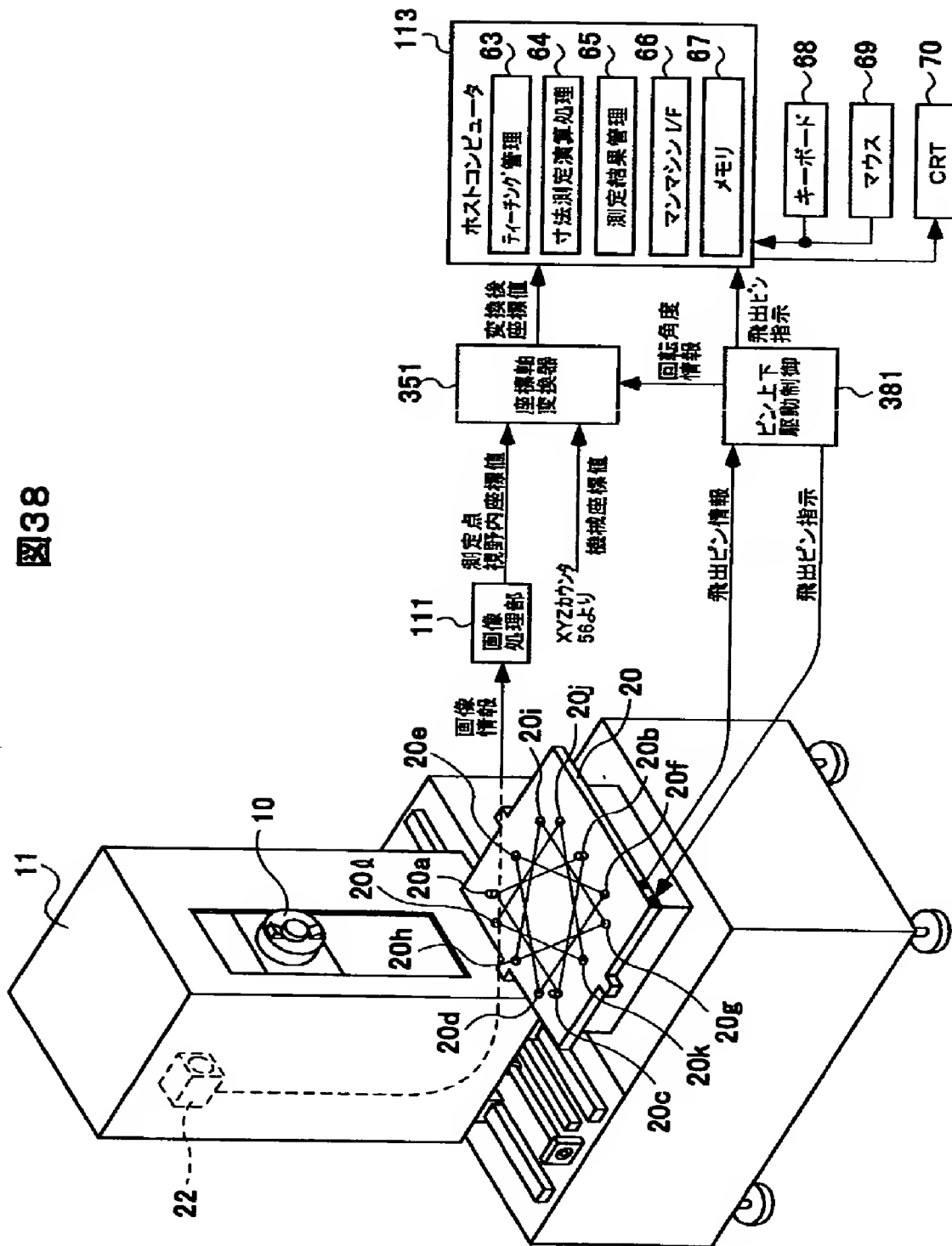
(b)



【図 37】

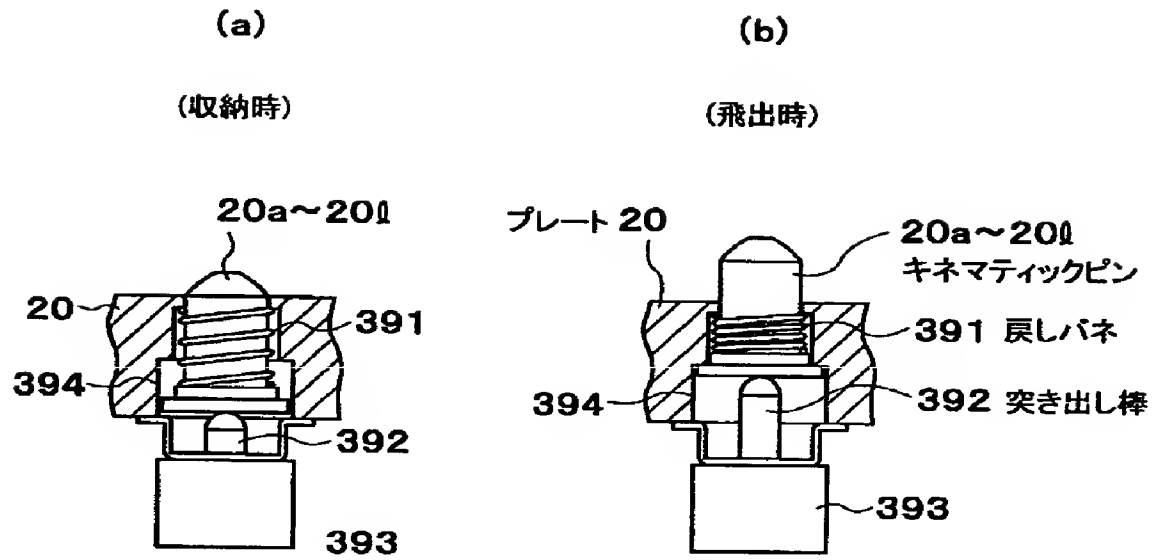


【図38】



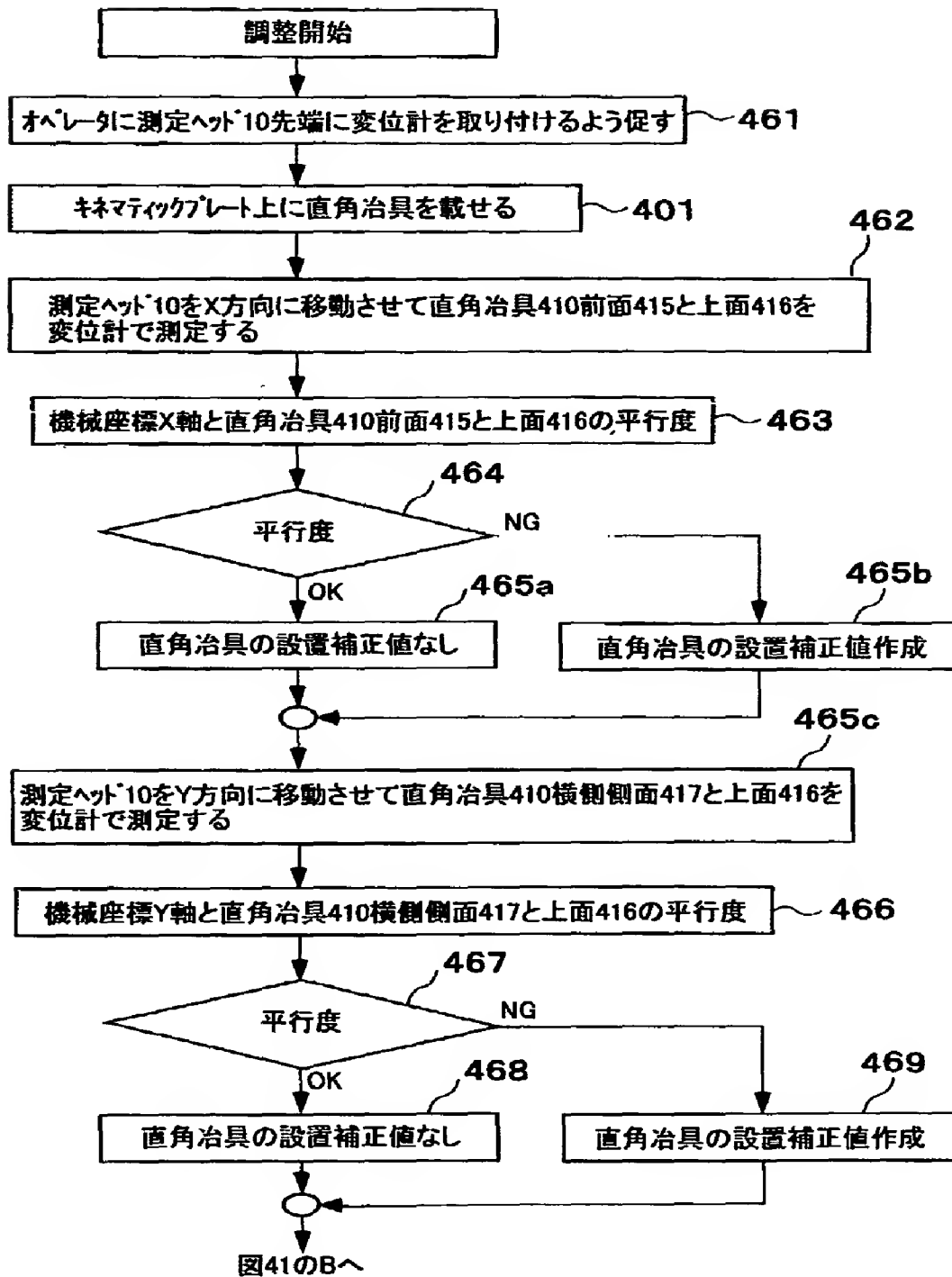
【図 3 9】

図 39



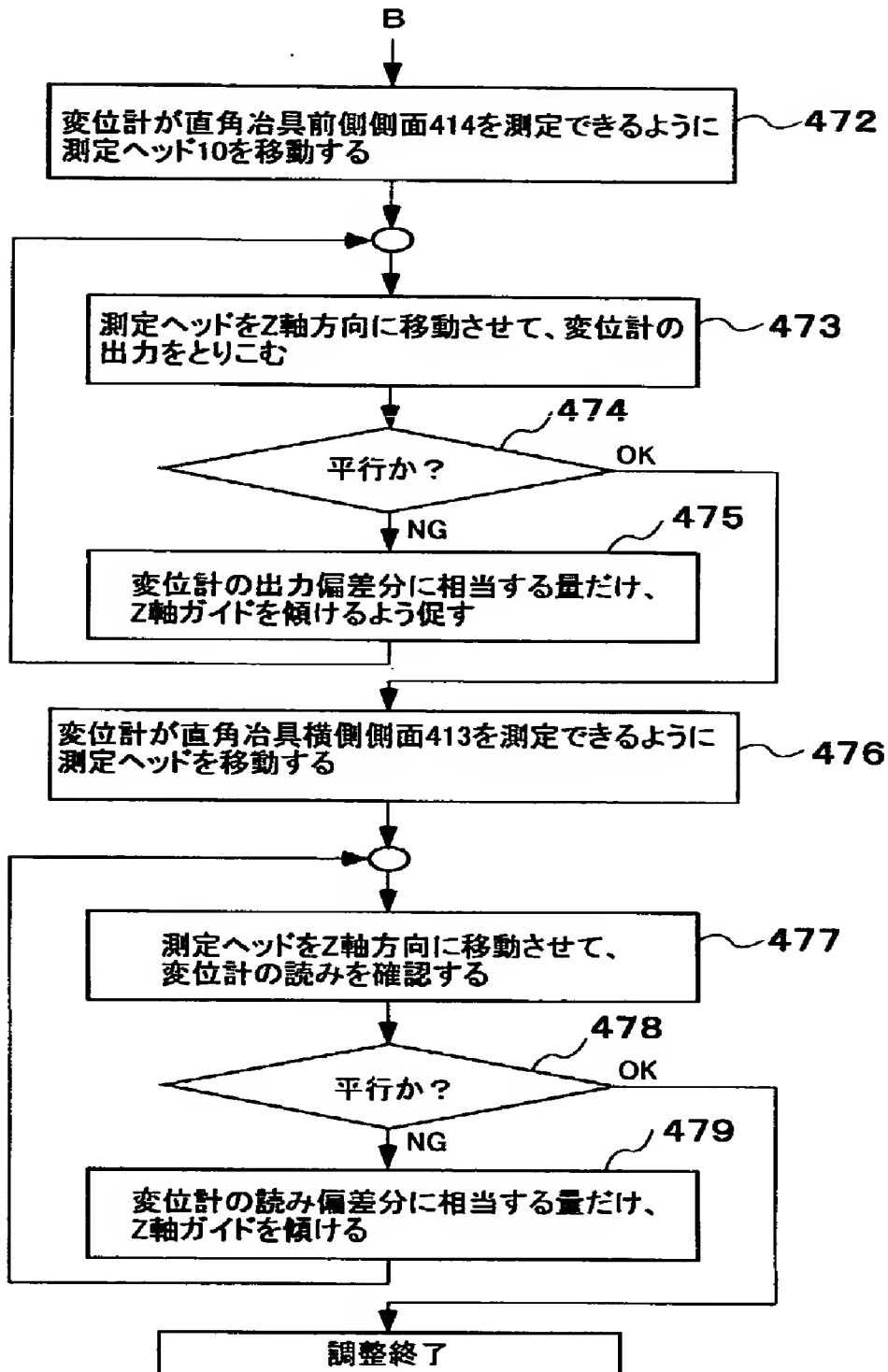
【図40】

図40



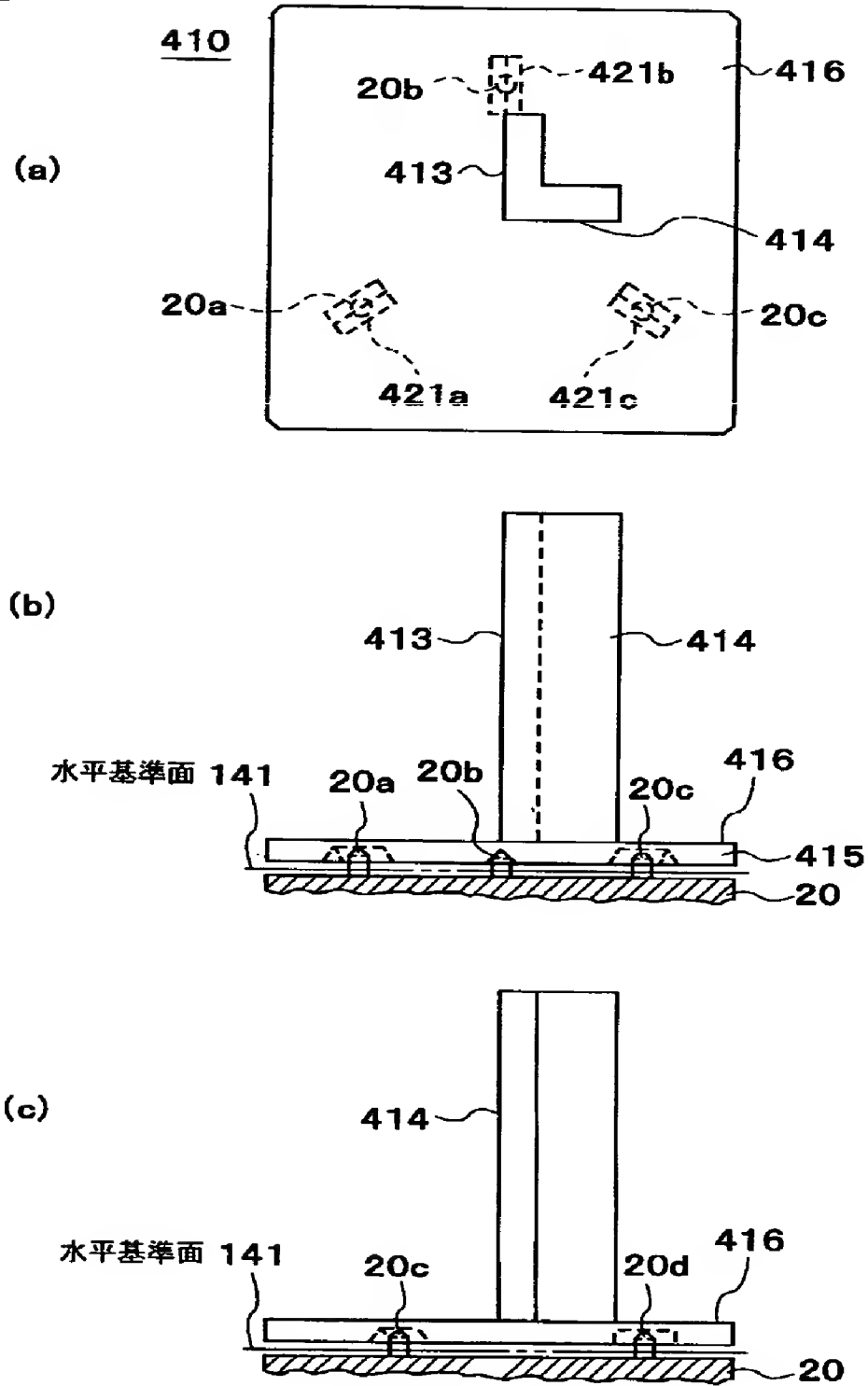
【図 4 1】

図41



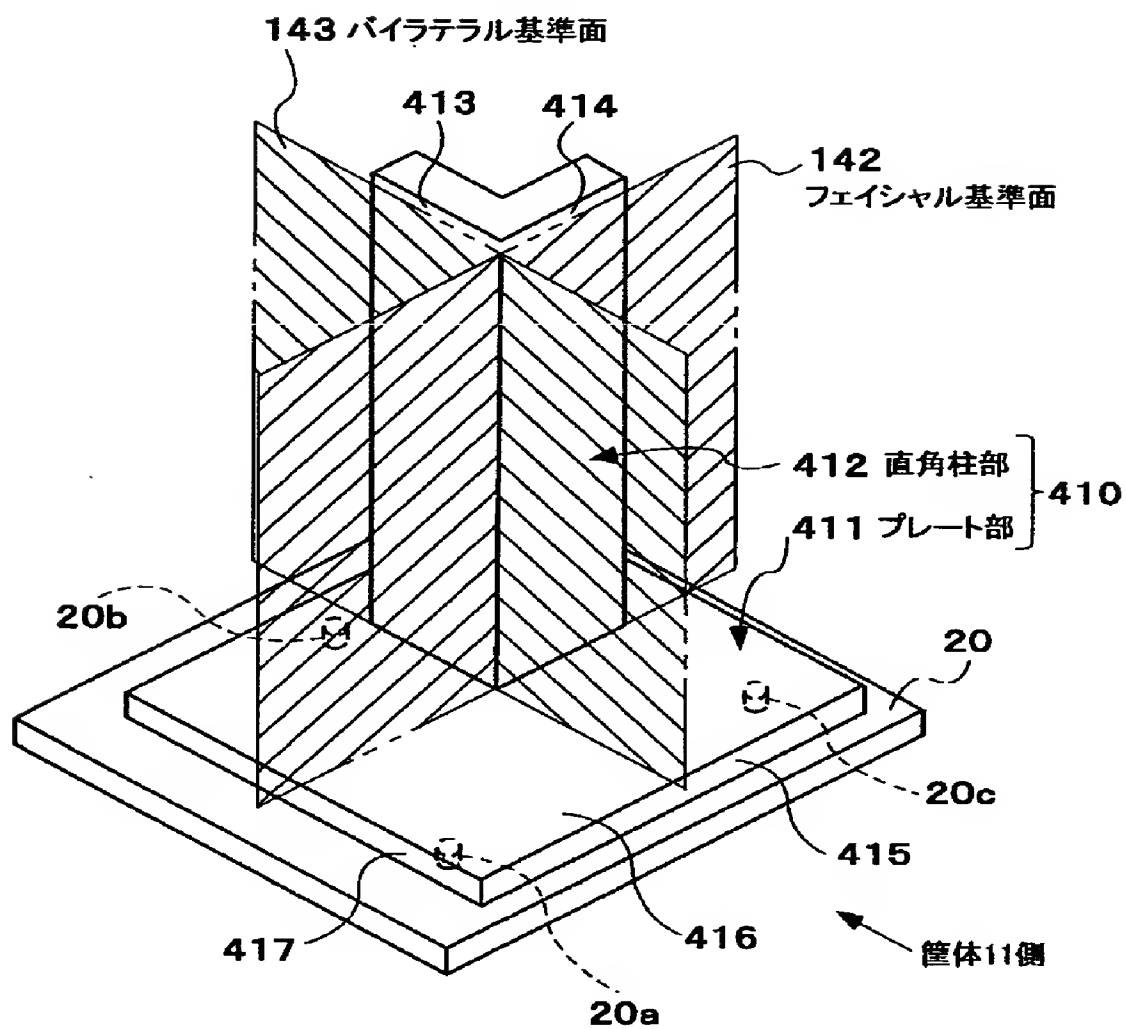
【図 4 2】

図 4 2



【図 4 3】

图 43



【書類名】要約書

【要約】

【課題】キャリアおよびキャリアに収容された半導体ウェハの姿勢を精度良く測定することのできる形状測定機を提供する。

【解決手段】測定対象であるキャリア 1 8 を支持するステージ 1 2, 2 0 と、測定対象の形状を測定する測定部 1 0 とを有する。ステージ 1 2, 2 0 は、キネマティックカップリングによって測定対象を支持するために、キネマティックカップリングピン 2 0 a, 2 0 b, 2 0 c を有する。

【選択図】図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004112]

1. 変更年月日 1990年 8月29日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
氏 名 株式会社ニコン

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [597114926]

1. 変更年月日 1997年 8月12日
[変更理由] 新規登録
住 所 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地
氏 名 株式会社半導体先端テクノロジーズ